

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geograafia osakond

Magistritöö loodusgeograafias ja maastikuökoloogias (30 EAP)

Kliima soojenemine Eestis perioodil 1966-2015 ja selle seosed atmosfääri tsirkulatsiooniga

Merily Lakson

Juhendaja: PhD Mait Sepp

Kaitsmisele lubatud:

Juhendaja:

Osakonna juhataja

Tartu 2017

Kliima soojenemine Eestis perioodil 1966-2015 ja selle seosed atmosfääri tsirkulatsiooniga

Magistritöös uuriti, kuidas on õhutemperatuuri tõus Eestis seotud muutustega atmosfääri tsirkulatsioonis. Töö käigus analüüsiti Jõhvi, Türi ja Vilsandi ööpäeva keskmise õhutemperatuuri muutusi perioodil 1966-2015. Atmosfääri tsirkulatsiooni analüüsimiseks kasutati COST Action 733 kataloogi kaheksa klassifitseerimismeetodi (GWT, JCT, LIT, KRZ (P27), HCL, CAP, CKM) teel saadud klassifikatsioone. Muutusi õhutemperatuuris, tsirkulatsioonitüüpides ja nende esinemissagedustes uuriti lineaarse regressiooni meetodiga, statistilist usaldusväärsust kontrolliti Student t-testiga ($p < 0,05$). Tulemustest selgus, et keskmine õhutemperatuur on vaatlusperioodi jooksul kasvanud kõige enam talvekuudel. Tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedustes esines statistiliselt usaldusväärseid muutusi vähe, kõige rohkem kevadperioodil. Kõikides tsirkulatsioonitüüpides on aset leidnud statistiliselt usaldusväärne soojenemine. Tehti järeldus, et analüüsitud perioodi õhutemperatuuri tõus Eestis on seotud rohkem muutustega tsirkulatsioonitüüpides endis kui ka nende esinemissagedustes.

Märksõnad: õhutemperatuuri tõus, atmosfääri tsirkulatsioon, tsirkulatsioonitüübid, Eesti, COST Action 733

CERCS: P510 klimatoloogia

Climate warming in Estonia during 1966-2015 and its relationship with atmospheric circulation

In this Master's thesis, the relationship between air temperature increase and changes in atmospheric circulation were studied. Changes in daily average temperature were analysed during 1966-2015 in Jõhvi, Türi and Vilsandi stations. Atmospheric circulation was analysed using classifications that were calculated using eight classification methods (GWT, JCT, LIT, KRZ (P27), HCL, CAP, CKM) from COST Action 733 catalogue. Changes in air temperature, circulation types and their frequency were studied with linear regression method and statistically significant differences were analysed using Student's t-test ($p < 0,05$). It occurred that the average air temperature increase was biggest during the winter period. There were only a few statistically significant changes in circulation type frequencies, most during the spring period. Statistically significant warming has occurred in all circulation types. It was concluded that the increase in Estonian air temperature during the analysed period is in a stronger relationship with changes within circulation types than their frequency changes.

Keywords: air temperature increase, atmospheric circulation, circulation types, Estonia, COST Action 733

CERCS: P510 climatology

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Sünoptiline klimatoloogia	7
1.1. Klassifitseerimine ja klassifikatsioonid	7
2. Õhutemperatuuri ja atmosfääri tsirkulatsiooni uuringud	11
2.1. Euroopa	11
2.2. Eesti	12
3. Andmed ja metoodika.....	15
3.1. Õhutemperatuur	15
3.2. Klassifikatsioonid	16
3.3. Metoodika	18
4. Tulemused	22
4.1. Muutused õhutemperatuuris.....	22
4.2. Muutused tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduses.....	23
4.2.1. Talv.....	23
4.2.2. Kevad	25
4.2.3. Suvi.....	29
4.2.4. Sügis	30
4.3. Tsirkulatsioonitüüpidega kaasnev temperatuurianomaalia.....	31
4.4. Muutused tsirkulatsioonitüüpide temperatuurianomaalias	33
4.4.1. Talv.....	33
4.4.2. Kevad	35
4.4.3. Suvi.....	36
4.4.5. Sügis.....	37
5. Arutelu	39
Kokkuvõte	43

Summary.....	45
Tänuavaldused.....	47
Kasutatud allikad	48
Lisad	52

Sissejuhatus

Eesti asub Läänemere idakaldal merelise ja mandrilise kliima üleminekuvööndis. Siinset kliimat mõjutavad oluliselt Põhja-Atlandi ookean, Põhja-Jäämeri, Ida-Euroopa lauskmaa, ning Läänemeri. Eestit võib tinglikult jagada kaheks kliimavaldkonnaks – läänepoolne mereline ja idapoolne Sise-Eesti kliimavaldkond. Lääne-Eestis on mere mõjutusena talved pehmemad ja suved jahedamad. Ida pool valitseb aga mandriline kliima, mille mõjutusena on talved külmemad ja suved soojemad. Peale Läänemere on oluline roll Eesti kliimaerinevuste kujunemisel ka atmosfääri üldisel tsirkulatsioonil ehk suuremõõtmelistel õhumasside liikumisel (Keevallik *et al.*, 1999; Sepp, 1999).

Viimastel aastakümnetel on hakatud suuremat tähelepanu pöörama inimtekkelisele kliimamuutusele ja sellele, kuidas oleks võimalik muutusi leevendada või nendega kohaneda. Kliima ei ole ajas muutumatu ning seda mõjutavad nii looduslikud protsessid kui ka inimtegevus. Valitsustevahelise kliimamuutuste paneeli viiendas raportis (IPCC, 2014) ollakse 95% kindlad, et viimase sajandi kliimamuutus, ja selle üheks peamiseks tagajärjeks olev õhutemperatuuri tõus, on põhjustatud inimkonna üha suuremast kasvuhoonegaaside õhkupaistamisest.

Maailma Meteoroloogiaorganisatsiooni (WMO - *World Meteorological Organization*) 2017. aasta jaanuaris avaldatud andmetel (WMO, 2017) oli maismaa ja ookeani globaalne keskmine pinnatemperatuuri anomaalia 2016. aastal ligikaudu $0,83 \pm 0,09$ °C. See tähendab, et temperatuur oli pikaajalisest keskmisest globaalsest pinnatemperatuurist, mis on WMO andmetel 14 °C (periood 1961–1990), ligi kraadi võrra kõrgem. Läänemere põhjaosas (põhja pool 60° N) on keskmine temperatuur perioodil 1871–2011 tõusnud keskmiselt 0,11 °C ja lõunaosas (lõuna pool 60° N) 0,08 °C dekaadi kohta (BACC, 2015), mis tähendab, et Läänemere ümbruse soojenemine ületab tunduvalt globaalse soojenemise kiirust. Mitmed Eesti õhutemperatuuri muutuste kohta käivad uuringud (Jaagus, 2003; Tarand *et al.*, 2013; Jaagus, Sepp, 2016) on näidanud, et viimase poole sajandi jooksul on Eesti keskmine õhutemperatuur tõusnud keskmiselt 2 °C võrra. Kusjuures Eesti pikaajaline aasta keskmine õhutemperatuur on Riigi Ilmateenistuse (Ilmateenistus, 2017) arvutustel perioodi 1981–2010 keskmisena 6 °C.

Kuna Läänemeri ja Eesti asuvad suhteliselt kõrgetel laiuskraadidel, siis on siinsed kliimaolud ära määratud õhuringlusest, mis kannab Atlandilt siia soojemaid õhumasse (Tarand *et al.*,

2013). Atmosfääri tsirkulatsiooni ja selle muutuste uurimisega tegeleb sünoptiline klimatoloogia, mille üheks eesmärgiks on uurida atmosfääri tsirkulatsiooni ja maapinnalähedaste keskkonnatingimuste vahelisi seoseid (Yarnal, 1993). Sünoptilise klimatoloogia puhul jagatakse atmosfääri tsirkulatsiooni protsessid üsna väikeseks arvuks (2-48) tsirkulatsioonitüüpideks. Nende abil on võimalik näiteks uurida, kuidas tsirkulatsioon on seotud sademetega (Lupikasza, 2010; Hoy *et al.*, 2014), õhutemperatuuriga (Beranová, Huth, 2008; Cahynová, Huth, 2010, 2014), põuaga (Fleig *et al.*, 2010) või isegi lindude saabumisega (Sepp *et al.*, 2011). Samas on võimalik ka analüüsida seoseid atmosfääri tsirkulatsiooni ja kliimamuutuste vahel, olenemata sellest, kas muutused on põhjustatud looduslikest protsessidest või inimtegevusest (Cahynová, Huth, 2014). Paljud Eesti teadlased on viinud läbi mitmeid uuringuid, kus on analüüsitud seoseid atmosfääri tsirkulatsiooni ja kliima vahel (näiteks Keevallik, Loitjäär, 1999; Post, Tuulik, 1999; Sepp, 1999; Tomingas, Jaagus, 1999; Sepp, Jaagus, 2002, 2011; Jaagus, 2003; Truija *et al.*, 2003).

Üha rohkem ongi hakatud analüüsima seoseid kliimatrendide muutuste ja atmosfääri tsirkulatsiooni varieeruvuste vahel (Cahynová, Huth, 2009), sest atmosfääri tsirkulatsiooni muutused omavad olulist rolli ka kliimamuutustes (Tuulik, Post, 1999). Mitmed uuringud (Jaagus, 2003; Cahynová, Huth, 2014; Jaagus, Sepp, 2016) viitavad, et viimastel kümnenditel ilmnunud muutused õhutemperatuuris võivad olla põhjustatud muutustest atmosfääri tsirkulatsioonis. Eriti hästi seostub talvede soojenemine läänevoolu iseloomustavate tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse kasvuga (Keevallik *et al.*, 1999; Jaagus, 2003; Küttel *et al.*, 2011; Hoy *et al.*, 2013). Samas on väga vähe tähelepanu pööranud tsirkulatsioonitüüpide sisesele muutlikkusele ehk näiteks küsimusele, kas tüübid ise on muutunud soojemaks.

Käesoleva töö peamiseks eesmärgiks on välja selgitada, kuidas on õhutemperatuuri tõus Eestis perioodil 1966-2015 seotud muutustega atmosfääri tsirkulatsioonis. Järgnevalt on välja toodud peamised uurimisküsimused.

- 1) Kas Eestis täheldatav kliima soojenemine on seotud tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse muutustega?
- 2) Kas on muutunud tsirkulatsioonitüüpidega kaasnev õhutemperatuur?

Töö eesmärkide saavutamiseks on kasutatud Eesti kolme ilmajaama (Jõhvi, Türi ja Vilsandi) ööpäeva keskmise õhutemperatuuri andemeid ning COST (*European Cooperation in Science and Technology* - Euroopa koostöö teaduse ja tehnoloogia alal) Action 733 käigus kogutud ja analüüsitud klassifitseerimismeetodeid (JCT, GWT, LIT, KRZ, CKM, CAP, HCL).

1. Sünoptiline klimatoloogia

Atmosfääri tsirkulatsioon on seotud mitmete keskkonnas aset leidvate protsessidega, nagu näiteks õhusaaste levik või globaalne õhutemperatuuri muutus. Eelnevalt nimetatud protsesside ja atmosfääri tsirkulatsiooni vaheliste seoste uurimisega tegeleb sünoptiline klimatoloogia. Tegu on klimatoloogia alamvaldkonnaga, mis kuulub loodusgeograafia teadusharusse. Sünoptilise klimatoloogia üheks oluliseks uurimisobjektiks, lisaks eelnevalt mainitutele, on ka see, kas mingi kindel tsirkulatsioonitüüp on otseselt seotud mõne kindla ilmaga maapinnal (Cahynová, Huth, 2014).

Sünoptilise klimatoloogia tööd koosnevad üldiselt kahest osast (Barry, Perry, 1973). Esimeses osas viiakse läbi atmosfääri tsirkulatsiooni klassifitseerimine. Teises osas analüüsitakse saadud tsirkulatsioonitüüpide ning ilmastikuelementide vahelisi seoseid. Yarnal (1993) on välja toonud neli peamist punkti, mille poolest kõik sünoptilise klimatoloogia valdkonda kuuluvad tööd sarnanevad. Nendeks on: (1) atmosfääri tsirkulatsiooni klassifitseerimine; (2) kahes eri skaalas uuringu tegemine – suuremastaabilise atmosfääri tsirkulatsiooni uuring ning väiksema skaalaga pinna keskkonnatingimuste uuring; (3) uuritakse, kuidas kliima muutlikkus mõjutab keskkonda; (4) keskendutakse vaid mingile kindlale regioonile.

Sünoptilisel klimatoloogial on kaks erinevat lähenemisviisi (Yarnal, 1993). Üheks neist on keskkond-tsirkulatsiooni tüüpi lähenemine, mille käigus uuritakse maapinnalähedasi keskkonnatingimusi ja kuidas need seostuvad atmosfääri tsirkulatsiooniga. Teine lähenemine on tsirkulatsioon-keskkond tüüpi lähenemine. Selle käigus uuritakse atmosfääri tsirkulatsiooni protsesse ja nende mõju keskkonnale. Ka käesolevas töös on kasutatud teist lähenemisviisi ehk uuritakse, kuidas erinevad tsirkulatsioonitüübid määravad ära õhutemperatuuri Eestis.

1.1. Klassifitseerimine ja klassifikatsioonid

Üheks võimaluseks, kuidas uurida atmosfääri tsirkulatsiooni on klassifitseerimine, mis on sünoptilise klimatoloogia põhialuseks. Klassifitseerimine on protsess, mille käigus moodustatakse kas inimese subjektiivse otsuse alusel või matemaatiliste algoritmide abil sarnaste omadustega elementide grupid ehk tsirkulatsioonitüübid. Sünoptilises klimatoloogias klassifitseeritakse atmosfääri tsirkulatsioon suhteliselt väikeseks arvuks tüüpideks

(maksimaalselt umbes 40, tavaliselt 3 kuni 27). Tsirkulatsioonitüübid arvutatakse või eristatakse üldiselt õhurõhu andmete alusel, seega on erinevate tüüpide puhul oluline kõrg- ja madalrõhkkonna positsioon, mis määrab ära meie igapäevased ilmastikuolud. (Yarnal, 1993)

Tsirkulatsioonide klassifitseerimise idee pärineb meteoroloogidelt, kusjuures esialgu kasutati atmosfääri tsirkulatsiooni klassifitseerimist ja klassifikatsioone just meteoroloogias (Yarnal, 1993). Hilisem arvutite areng ja nende laialdasem kasutusele võtmine ning kättesaadavus andis sünoptilise klimatoloogia arengule uue tõuke, kuna andis võimaluse kasutusele võtta uusi klassifitseerimismeetodeid.

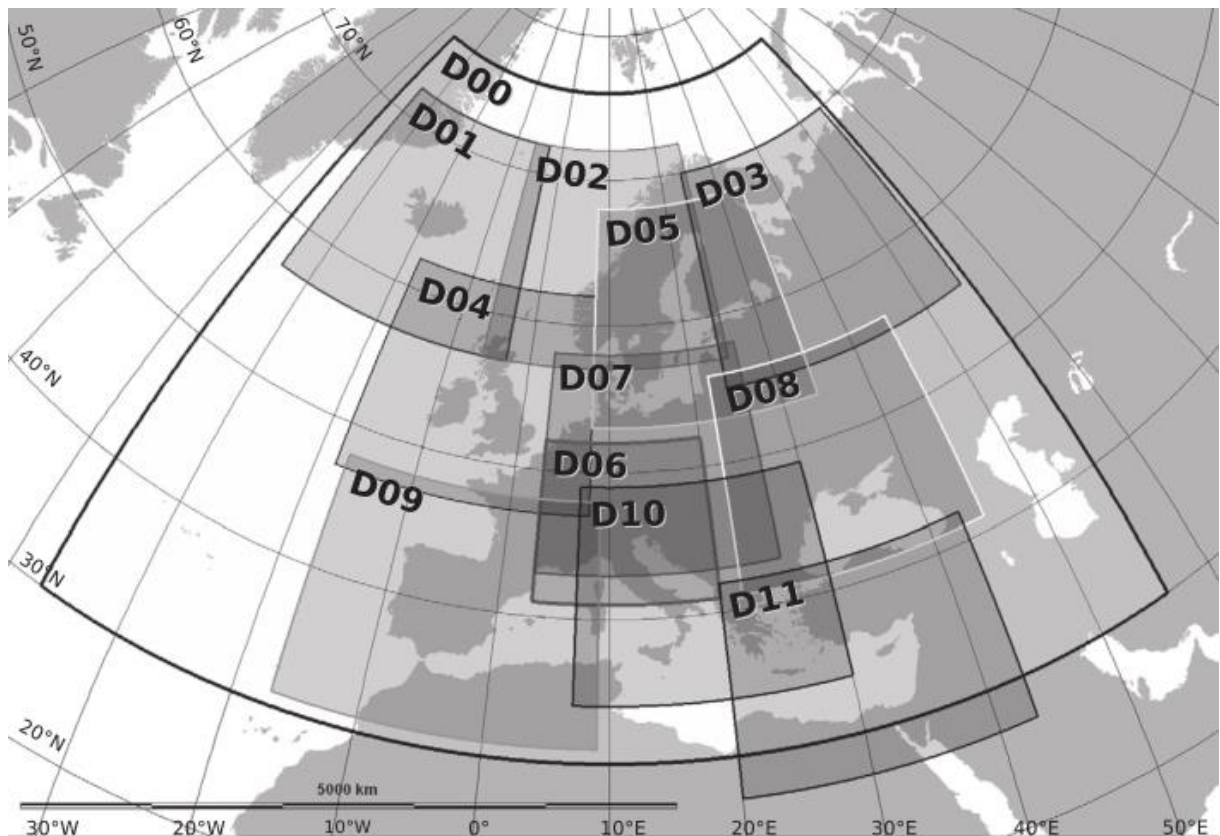
Esimesed klassifikatsioonid, mida kasutati, olid loodud meteoroloogide poolt ja seda nii-öelda käsitsi ilmakaarte läbi vaadates. Üheks kõige suuremaks ja olulisemaks miinuseks nii-öelda manuaalse klassifitseerimise juures on see, et tegu on väga ajakuluka protsessiga ning tulemustes esineb homogeensusprobleeme ehk käsitsi koostatud klassifikatsioone ei ole võimalik teiste uurijate poolt samal kujul reprodutseerida. Hiljem, arvutite kasutuselevõttuga, hakati kasutama automaatselt saadud klassifikatsioone, mille saamiseks on kasutatud kindlaid matemaatilisi algoritme. Automaatse klassifitseerimise oluline eelis manuaalse ees on just see, et klassifitseerimine on alati korratav ning lisaks sellele ka kiiremini läbi viidav. (Yarnal, 1993) Ka käesolevas magistritöös kasutatavad klassifikatsioonid on saadud automaatse klassifitseerimise teel.

Kuulsamateks manuaalseteks klassifikatsioonideks on Briti saarte kohta loodud Lambi klassifikatsioon (Lamb, 1972), Euroopa kohta loodud *Großwetterlagen* (ilmamustrid) (Baur *et al.*, 1944; Hess ja Brezowsky, 1952 *cit* Post, Tuulik, 1999) ja kogu põhjapoolkera (Girs, 1971; Dzerdzejevski, 1975 *cit* Sepp, 1999) kohta loodud klassifikatsioon. Eelnevalt nimetatud klassifikatsioone on kasutanud ka Eesti teadlased oma uuringutes, näiteks Sepp (1999) uuris atmosfääri tsirkulatsioonitüüpide korduvuse seoseid Eesti ilmastiku kõikumistega, kus kasutas Dzerdzejevski, Wangenheim-Girsi, Hess-Brezowsky (*Großwetterlagen*) ja Lambi klassifikatsioone. Hess-Brezowsky kataloogi on kasutatud ka temperatuuri- ja sademejaotuste uurimiseks (Post, Tuulik, 1999) ning õhumasside omaduste (Tuulik, Post, 1999) analüüsil.

21. sajandi alguses jõuti teadlaste seas arusaamale, et eksisteerib liiga palju erinevaid klassifikatsioone. Eelneva põhjuse tõttu otsustati Dr. Ernst Dittmanni eestvedamisel algatada projekt COST Action 733 „*Harmonisation and Applications of Weather Type Classifications*

for European Regions“, mis eesti keelde tõlgituna tähendab „Ilmatüüpide klassifikatsioonide harmoniseerimine ja rakendamine Euroopa regioonide jaoks“ (http://cost733.met.no/about_cost733.htm). Projekti peamiseks eesmärgiks oli luua ühtne klassifitseerimismeetod kogu Euroopa jaoks, kuid siiski saadi aru, et tegu on liiga ambitsioonika eesmärgiga. Seega otsustati, et viiakse läbi olemasolevate klassifitseerimismeetodite verifitseerimine. (Tveito *et al.*, 2016) Lõpptulemuseks moodustati tsirkulatsiooni klassifikatsioonide kataloog (COST733cat 2.0), mis koosneb ligikaudu 5000 klassifikatsioonist (Huth *et al.*, 2015). Klassifikatsioonid on saadud 22 erineva klassifitseerimise meetodi teel, mida saab omakorda jagada viite peamisesse perekonda: subjektiivne, lävendipõhine (*threshold*), peakomponentanalüüsi, *leader* algoritmi ja optimeerimismeetod. Klassifikatsioonid on loodud kogu Euroopa jaoks, kusjuures Euroopa on jagatud 11 regionaalseks domeeniks (Eesti kuulub domeeni D05, joonis 1.1), lisaks sellele on veel üks suur kogu Euroopat hõlmav domeen (joonis 1.1). Kataloogile lisaks arendati välja ka tarkvara COST733class, mille abil on võimalik arvutada endale sobiva suurusega ala kohta tsirkulatsiooni klassifikatsioone (Tveito *et al.*, 2016).

On oluline meeles pidada, et klassifikatsioonide puhul ei ole tegu füüsilise reaalsusega, vaid kindla eesmärgiga loodud lihtsustustega, mille tõttu ei peeta ühtegi klassifikatsiooni ainuõigeks (Huth *et al.*, 2008). Kuigi Huth *et al.* (2008) artiklist selgub, et klassifikatsioonide vahel ei ole väga suuri erinevusi ning nad kõik on mingis ulatuses kattuvad, rõhutavad Cahynová ja Huth (2014), et kuna ilmastikutingimuste uurimisel esineb klassifikatsioonide vahel erinevusi, siis on oluline kasutada sünoptilise klimatoloogia uuringus kindlasti enam kui vaid ühte klassifikatsiooni. Klassifikatsioone on võimalik omavahel erinevate kriteeriumite alusel võrrelda ning seejärel määratleda, millised sobivad kõige paremini iseloomustamiseks mingit kindlat kliimanäitajat (Huth *et al.*, 2015).



Joonis 1.1. 12 domeeni, milleks Euroopa COST Action 733 programmi raames jagati. D00 – Euroopa; D01 – Island; D02 – Lääne-Skandinaavia; D03 – Kirde-Euroopa; D04 – Briti saared; D05 – Läänemeri; D06 – Alpid; D07 – Kesk-Euroopa; D08 – Ida-Euroopa; D09 – Lääne-Vahemeri; D10 – Kesk-Vahemeri; D11 – Ida-Vahemeri. (Philipp *et al.*, 2010)

2. Õhutemperatuuri ja atmosfääri tsirkulatsiooni uuringud

20. sajandil, eriti selle viimastel kümnenditel, toimus Euroopas oluline õhutemperatuuri tõus – talvel põhjaosas ja suvel lõuna- ning keskosas. Üheks peamiseks põhjuseks talve temperatuuri tõusus peetakse just tsonaalse õhuvoolu domineerimist (Keevallik *et al.*, 1999; Jaagus, 2003; Küttel *et al.*, 2011; Kučerová *et al.*, 2016). Eelnevalt mainitu on hästi kooskõlas Põhja-Atlandi ostsillatsiooni (NAO – *North Atlantic oscillation*) positiivse faasiga, mis eelnes 1990.ndatele. (Cahynová, Huth, 2014) Eesti teaduses on läbi viidud mitmeid erinevaid uuringuid õhutemperatuuri ja atmosfääri tsirkulatsiooni kohta, kuid mitte COST Action 733 kataloogist pärit klassifitseerimismeetodite abil saadud klassifikatsioonidega. Samas, Euroopa jaoks tehtud uuringutes on neid juba kasutatud. Järgnevalt on täpsemalt välja toodud käesoleva magistritöö kontekstis olulisemad uurimused atmosfääri tsirkulatsiooni ja õhutemperatuuri kohta ning nende tulemused.

2.1. Euroopa

Cahynová ja Huth (2014) uurisid atmosfääri tsirkulatsiooni mõju kliimatrendidele Euroopas, kasutades COST733 kataloogi klassifitseerimise meetodeid. Uurimisperiood oli 40 aastat pikk (1961–2000) ning kasutati 24 klassifikatsiooni. Jõuti järelduseni, et sesoonseid lineaarseid trende tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse aegridades on vähe. Selgus, et vaid talvel võib täheldada läänetüübi esinemissageduse kasvu, aga seda ka teatud domeenide puhul (D00, D04, D06, D07, D08 - joonis 1.1). Järeldati, et sesoonsed temperatuuritrendid on vaid osaliselt seletatud tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduste muutustega, eriti just talviti. Kevadel, suvel ja sügisel on muutused temperatuuris tingitud aga pigem tüüpide enda muutustest. Talvel on temperatuur tõusnud enamjaolt kõigis kasutatud jaamades lineaarse trendijoone järgi üle 3 °C. Sügisel statistiliselt olulisi trende aga ei esinenud. Cahynová ja Huth (2014) pöörasid tähelepanu ka sellele, et muutusi tüüpide esinemissagedustes ja tüüpides endas ei tohiks tõlgendada nii, et esinemissageduste muutused on tingitud looduslikest protsessidest, samas kui tüüpide sisesed muutused on tingitud inimtegevusest – seda ei ole võimalik eristada.

Hoy *et al.* (2013) uuris atmosfääri tsirkulatsiooni varieeruvust Euroopas ja Põhja-Aasias perioodil 1901–2010. Uuring viidi läbi kasutades kahte kataloogi, milleks olid *Großwetterlagen* ja *Wangenheim-Girs*. Tulemuseks saadi, et Põhja-Euroopa kohal on tsirkulatsioonis aset

leidnud statistiliselt olulisi muutusi. Nii nagu Hoy *et al.* (2013) sai tulemuseks, et läänevoolu esinemissagedus on kasvanud, jõudsid ka Cahynová ja Huth (2014) sama tulemuseni. Järeldati, et soojenemine Euroopas aastatel 1960–1990 tulenes sellest, et läänevool sagenes külma idavoolu arvelt. Samas avastati ka kasv antitsükloonaalse tüübi puhul, mis toob suvel Kesk-Euroopasse sooja ilma.

Beck *et al.* (2007) uuris atmosfääri tsirkulatsiooni ja temperatuuri seoseid Euroopa kohta perioodil 1780-1995. Peamine tulemus, milleni jõuti oli see, et kliima muutlikkus Euroopas ei ole tingitud üksnes tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse muutustest. Olulist rolli mängib ka tüüpide sisene muutlikkus. Artiklis on välja toodud, et globaalse temperatuuri soojenemise raames eeldatakse süstemaatilist muutust nii tüüpide esinemissageduses kui ka tüüpides endas kasvuhoonegaaside õhku paikasmise tõttu, kuid seda trendi siiski ei ole leitud. See tähendab, et antud teemat tuleb veel täpsemalt uurida.

2.2. Eesti

Ülevaatliku uuringu Eesti kliima trendide ja režiiminihete kohta on teinud Jaagus ja Sepp (2016). Töös analüüsiti Eestis toimunud õhutemperatuuri ning sademete muutusi. Uurimiseluseks perioodiks oli 1951–2015, temperatuuri analüüsimiseks kasutati 11 ilmajaama, sademete jaoks aga 13 ilmajaama. Peamine järeldus, mis tehti – vaadeldud perioodil on Eesti kliima oluliselt muutnud, kusjuures peamiseks muutuseks on õhutemperatuuri tõus külmal poolaastal. Nimelt on talve keskmine temperatuur lineaarse trendi järgi tõusnud 2 °C...3 °C. Kõige suurem keskmine õhutemperatuuri tõus on aga aset leidnud kevadel - temperatuur tõusnud enam kui 3 °C. Suve ja sügise õhutemperatuuri tõus on aga võrreldes kevade ja talvega madalam ning jääb vahemikku 1 °C...2 °C. Kõige selgem õhutemperatuuri hüppeline muutus ehk režiiminihe tuli välja 1980ndate lõpus, kui tõusid hüppeliselt jaanuari, veebruari, talve ja aasta keskmine õhutemperatuur. Kusjuures jõuti järeldusele, et režiiminihe kattub nihkega tuule- ja atmosfääri üldise tsirkulatsiooni parameetrites. Eelnevalt välja toodud põhjused viitavad võimalusele, et vähemalt osaliselt on talvine õhutemperatuuri tõus põhjustatud muutustest õhu üldises ringluses - peamiselt tsonaalse tsirkulatsiooni tugevnemisega (Jaagus, Sepp, 2016).

Varasemalt on Jaagus (2003) uurinud kliimamuutuste tendentse Eestis 20. sajandi teisel poolel ja seostanud neid muutustega atmosfääri tsirkulatsioonis. Analüüsis kasutati Eesti 10 jaama õhutemperatuuri andmeid (1950–2000). Tsirkulatsiooni kirjeldamiseks kasutati peamisi tsirkulatsioonivorme – W, E ja C Wangenheimi-Girsi klassifikatsioonide järgi ning erinevaid tsirkulatsiooniindekseid. Õhutemperatuuri uuringu tulemused näitasid, et aasta keskmine õhutemperatuur on kasvanud kõigis jaamades olulisel määral, jäädes 1 °C...1,7 °C vahemikku. Selgus, et praktiliselt kogu kliima soojenemine on vaadeldaval perioodil toimunud aasta esimese viie kuu arvelt, kusjuures suurim soojenemine on leidnud aset märtsikuus, jäädes vaadeldud jaamades vahemikku 3 °C...5 °C. Talvekuudel on keskmine temperatuur tõusnud 3 °C...4 °C. Peamised järeldused, mis tsirkulatsiooni kohta tehti, on järgnevad: suurimad muutused on aset leidnud külmal poolaastal, kuude lõikes aga veebruaris ja märtil. Soojal poolaastal on muutused tunduvalt väiksemad ja vähema usaldusväärsusega, mis langeb hästi kokku muutustega õhutemperatuuris. Üheks oluliseks tulemuseks, milleni jõuti, oli tsonaalse ehk läänevoolu tugevnemine talvel, millest on põhjustatud ka talvine temperatuuri tõus. Lisaks eelnevale, on talvine temperatuuri tõus leidnud aset meridionaalse õhuvoolu nõrgenemise tõttu detsembrist - aprillini. E ehk meridionaalse tsirkulatsioonivormi esinemises on aset leidnud vähenemine. Eelnevalt mainitud tüübiga on seotud pakaselised ilmad ja kontinentaalse õhumassi domineerimine. Uuringust selgus, et ka C ehk põhjatüübi tsirkulatsioonivormis on aset leidnud esinemissageduse vähenemine sügisel, mis tähendab põhjast tulevate õhuvoolude harvemaks muutumist.

Keevallik *et al.* (1999) on uurinud Euroopa tsirkulatsiooni mustreid ning neist mustritest tingitud meteoroloogilist olukorda Eestis. Vaatlusperioodiks oli 1961–1993. Uuriti nii Tartu kui ka Pärnu õhutemperatuuri ja sademeid. Kasutati *Großwetterlageni* klassifikatsiooni. Uuringust selgus, et tsonaalse (läänetüüpi) tsirkulatsiooni esinemissagedus on kasvanud septembrist - märtsikuuni, samas kui meridionaalne (ida- ja lõunatüüp) tsirkulatsioon samal ajal vähenenud. Meridionaalse tsirkulatsiooni esinemissagedus on kasvanud aga suvel ja see tsirkulatsioonivorm toob suvel kõrgemat õhutemperatuuri.

Lõppkokkuvõtteks võib öelda, et nii Eestis kui ka Euroopas on atmosfääri tsirkulatsiooni ja õhutemperatuuri omavahelisi seoseid päris põhjalikult uuritud. See on heaks aluseks edasisteks samalaadseteks uuringuteks. Mitmetest analüüsitud artiklitest selgus, et kliima soojenemine Põhja-Euroopas on küllaltki hästi seletatud läänevooga ja seda iseloomustavate tüüpide esinemise sagenemisega talvel. Tsirkulatsioonitüüpide sisemise muutlikkusega on aga küllaltki vähe tegeletud, mis tähendab, et antud teemat tuleks põhjalikumalt uurida.

3. Andmed ja metoodika

3.1. Õhutemperatuur

Töös kasutatakse kolme Eesti ilmajaama ööpäeva keskmised õhutemperatuuri andmed perioodil 1966-2015 on saadud professor Jaak Jaaguse vahendusel Eesti Ilmateenistusest. Periood sai valitud just selline, sest Jõhvi meteoroloogiajaama varaseimad õhutemperatuuri andmed pärinevad 1966. aastast. Kasutatavateks jaamadeks on Vilsandi rannikujaam (58°22'58" N, 21°48'51" E), Türi meteoroloogiajaam (58°48'31" N, 25°24'33" E) ja Jõhvi meteoroloogiajaam (59°19'44" N, 27°23'54" E). Kuigi Keevallik *et al.* (1999) täheldasid, et Eesti ilmastiku esindamiseks tsirkulatsiooniuuringutes piisab vaid ühest jaamast, said eelnimetatud jaamad valitud seetõttu, et oleks esindatud Lääne-, Kesk-, ja Kirde-Eesti ning oleks võimalik teha üldistusi Eesti erinevate kliimavaldkondade kohta.

Andmeridadega tutvumisel selgus, et neis esines mõningaid lünki. Puuduvad temperatuuriandmed asendati professor Jaak Jaaguse poolt lähedal asuva jaama andmetega. Kui lüngad esinesid vaid üksikute päevade andmetes, siis jäeti need asendamata. Vilsandi jaamas olid puudu andmed perioodil 01.06.1990 – 01.11.1991, Türil 16.07.2015 – 29.07.2015. Vilsandi andmed asendati Sõrve keskmiste õhutemperatuuri andmetega, Türi andmeid ei asendatud, sest puudu oli 14 päeva, mis pikaajalist keskmist õhutemperatuuri ei mõjuta.

Õhutemperatuuri analüüsimiseks jagati temperatuuriandmed kuude alusel aastaegadeks (talv – detsember, jaanuar, veebruar; kevad – märts, aprill, mai; suvi – juuni, juuli, august; sügis – september, oktoober, november) ja arvutati iga aasta kohta sesoonide keskmine temperatuur, mida kasutati temperatuurimuutuste iseloomustamiseks. Talve aegrida on ühe aasta võrra lühem (1967–2015), sest eelneva aasta detsember liidetakse järgneva aasta jaanuari ja veebruariga. See tähendab, et 1966. aasta talve keskmise temperatuuri arvutamiseks on tarvis 1965. aasta detsembrit, kuid Jõhvis alustati õhutemperatuuri mõõtmisi alles 1966. aastal.

3.2. Klassifikatsioonid

Käesolevas töös on kasutatud projekti COST Action 733 raames väljatöötatud kataloogi (COST733cat versioon 2.0) klassifitseerimise meetodeid. COST733 suurest hulgast klassifitseerimismeetoditest valiti välja viis, mis vastavalt Huth *et al.* (2015) artiklis tehtud analüüsile iseloomustavad kõige paremini temperatuuri ja lisaks sellele, töötavad paremini väiksemate põhjapoolsete domeenide puhul. COST733 nomenklatuuri järgi kasutatakse klassifikatsioonide 9-tüübilist versiooni. Järgnevas loetelus on välja toodud antud töös kasutatavad meetodid, millest JCT ja HCL sai töösse kaasatud Piia Posti soovitusel. Kasutatavateks meetoditeks on:

- JCT – Jenkinson – Collison, 10 tüüpi, lävendipõhine meetod (*threshold method*);
- GWT – *Großwettertypen*, 8, 10 tüüpi, lävendipõhine meetod (*threshold method*);
- LIT – Litynski, 9 tüüpi, lävendipõhine meetod (*threshold method*);
- KRZ (P27) – Kruizinga, 8 ja 9 tüüpi, peakomponentanalüüs;
- CKM – k-keskmine, 9 ja 10 tüüpi (mõlemal puhul ühte tüüpi ei esinenud – CKM09 tüüp 6, CKM10 tüüp 2), peakomponentanalüüs, klasteranalüüs;
- CAP – Peakomponentide klasteranalüüs, 9 ja 10 tüüpi, peakomponentanalüüs, klasteranalüüs;
- HCL – Hierarhiline klasteranalüüs, 9 ja 10 tüüpi, hierarhiline klasteranalüüs.

Eelnevalt mainitud klassifitseerimismeetodite teel saadi 12 klassifikatsiooni. Mitu meetodit valiti, et saada sõltumatuid tulemusi, mida oleks võimalik üldistada. Lisaks sellele, on kõikidel meetoditel omad tugevad ja nõrgad küljed. Huth *et al.* (2015) artiklist selgus, et GWT, KRZ ja CAP meetodeid on parem kasutada talve andmete analüüsimiseks, samas kui CKM-i on jällegi parem kasutada suve andmete analüüsimiseks; LIT, KRZ, PCA-d on parem kasutada temperatuurianalüüsides; CKM, JCT-d aga sademete analüüsil; LIT, CAP, KRZ sobivad paremini väikeste domeenide jaoks.

Töös kasutatavad klassifikatsioonid on saadud automaatse klassifitseerimise teel. Iga klassifikatsiooni puhul on analüüsiks kasutatud 9 ilmatüüpi, sest rohkema arvu tüüpide korral on probleemiks see, et mõningaid tüüpe esineb väga harva (Keevallik, Loitjäär, 1999). Töös kasutatavad klassifikatsioonid ja neid iseloomustavad ilmapustrid on arvutatud Piia Posti poolt COST733class programmi abil (<http://cost733.geo.uni-augsburg.de/cost733wiki>). Ilmapustrite arvutamiseks kasutati ööpäeva keskmisi õhurõhu andmeid merepinna tasemel.

Mustrid on arvatud perioodi 1966-2015 jaoks NCEP/NCAR (NCEP – *National Centers for Environmental Prediction*, NCAR – *National Center for Atmospheric Research*) järelanalüüsist (Kalnay *et al.*, 1996) 2,5×2,5 kraadi võrgustikus. Domeen paikneb 5° E kuni 45° E ja 45° N kuni 70° N, klassifikatsioonide keskpunktiks on E 25° ja N 57°5' (vaata näiteks lisa 1). Kuna vaatluse all on Eesti ilmajaamad ja tüübid kirjeldavad suhteliselt kõige paremini tsirkulatsiooniolusid domeeni keskel, siis sai vaatlusala valitud selliselt, et Eesti asuks domeeni keskel. Arvutuste tulemuseks saadi klassifikatsioonide kalender, kus igale päevale vastab kindel tüüp ning tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid, mis näitavad antud tüübi korral valitsevat ilmapuudust ehk madal- ja kõrgrõhkkondade positsiooni domeenis. Igal klassifikatsiooni tüübil on oma nimi, milleks on number. Kuna klassifikatsioonid on saadud erinevate klassifitseerimismeetodite teel, siis ei ole enamasti erinevate klassifikatsioonide tüübid nimede alusel võrreldavad, väljaarvatud GWT08 ja GWT10 tüübid. Tabelis 3.1 on välja toodud erinevate klassifikatsioonide tüüpide nimed ja millisele õhuvoole need vastavad. Põhimõtteid, mille järgi tabel loodi, on pikemalt seletatud peatükis 3.3. metoodika.

Tabel 3.1. Klassifikatsioonide tüüpide nimed ja neile vastavad õhuvoole suunad. N ehk põhjatüüp, NE - kirdetüüp, E - idatüüp, SE - kagutüüp, S - lõunatüüp, SW - edelatüüp, W - läänetüüp, NW - loodetüüp, AC - antitsüklonaalne tüüp, C - tsüklonaalne tüüp. Osa lahtristest on tühjad, sest antud töös kasutatava klassifikatsiooni tüüpide arvu puhul ei olnud seda tüüpi, näiteks HCL10 puhul NE - kirdetüüpi või AC - antitsüklonaalset tüüpi.

GWT10	W	SW	NW	N	NE	E	SE	S	C	AC
JCT10	1	8	2	3	4	5	6	7	9	10
HCL10	2	5	8	10	-	9	4	1	3	-
HCL09	2	5	8	3	-	9	4	1	-	-
CKM10	6	4	8	-	1	3	-	7	-	5
CKM09	4	2	1	-	3	-	-	7	-	5
CAP10	2	5	8	10	9	-	4	6	3	1
CAP09	2	5	8	3	-	9	4	6	-	1
LIT09	7	6	8	1	2	3	4	5	-	9
GWT08	1	2	3	4	5	6	7	8	-	-
KRZ08	-	1	3	7	8	-	5	-	-	-
KRZ09	2	1	3	4	9	8	7	-	-	5

3.3. Metoodika

Esimese etapina sai arvutatud kõikide tüüpide esinemissagedused protsentides aasta ja iga sesooni kohta kogu vaatlusperioodi jaoks. Joonised nende kohta on lisades.

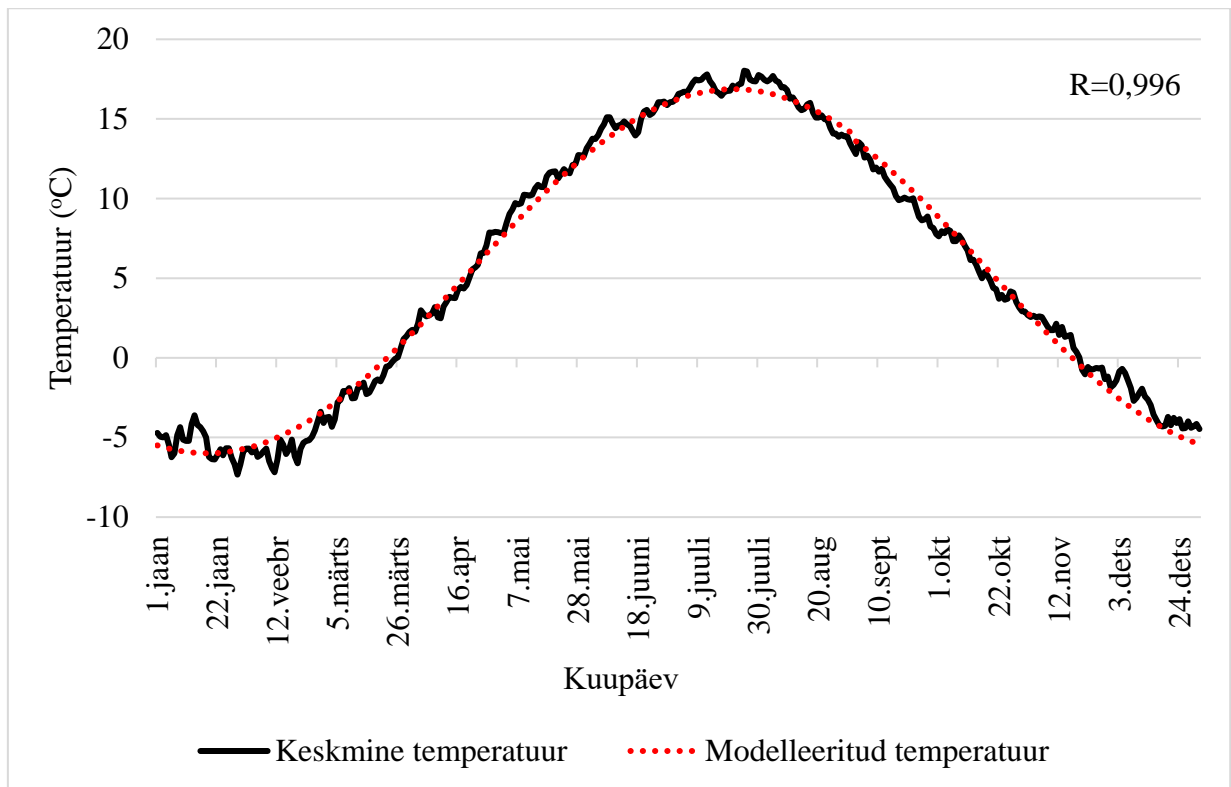
Tsirkulatsiooni tüüpidega kaasneva õhutemperatuuri muutuste uurimiseks on oluline teada, kas tegu on sooja või külma tüübiga. Sooja tüübiga on tegu siis, kui sellega kaasneb keskmine temperatuurianomaalia on pikaajalisest keskmisest õhutemperatuurist kõrgem, külma tüübi puhul aga vastupidi. Et saada teada, milline õhutemperatuur kaasneb mingi kindla tsirkulatsioonitüübiga, asendatakse tavaliselt ööpäeva keskmised temperatuurid nende anomaaliatega (Keevallik, Loitjäär, 1999; Post, Tuulik, 1999), mida on tehtud ka käesolevas töös. Temperatuurianomaalia puhul on tegu temperatuuri kõrvalekaldega keskmisest. Selle leidmiseks arvutati kõigepealt vaatlusperioodi (1966–2015) ööpäeva pikaajalised keskmised temperatuurid. 29. veebruar jäeti arvutustest välja.

Aastavaheline ööpäeva keskmise temperatuuri varieeruvus on väga suur, eriti talve puhul (joonis 3.1 Türi näitel) ning see võib oluliselt mõjutada tüüpide pikaajalise keskmise õhutemperatuure. Seetõttu otsustati kasutada modelleeritud õhutemperatuuri, mis saadi õhutemperatuuri silumiseks kasutatatava harmoonilise võnkumise lähendusfunktsiooni abil. Sarnast metoodikat on oma töös kasutanud näiteks Tuulik ja Post (1999). Harmoonilise võnkumise valemiks on

$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0), \quad (1)$$

kus A on amplituud ehk maksimaalne hälve, t – aeg, ω – nurksagedus, φ_0 – algfaas.

Parima parameetrite kombinatsiooni leidmiseks, mille korral oleks harmoonilise võnkumise valemiga leitud joone ja ööpäeva pikaajalise keskmise õhutemperatuuri joone vaheline korrelatsioon kõige tugevam, kasutati Exceli funktsiooni Solver. Saadud parameetrid asendati valemisse (1) ning saadi ööpäeva keskmise õhutemperatuuri modelleeritud aastane käik. Iga vaatlusjaama jaoks leiti just selle jaama jaoks optimaalne temperatuurimudel. Järgmiseks lahutati igast kuupäeva tegelikust temperatuurist modelleeritud keskmine temperatuuri väärtus. Tulemuseks saadi iga antud kuupäeva temperatuurianomaalia, mille abil võrreldi omavahel kõiki ilmatüüpe. Tüüpide keskmiste temperatuurianomaaliade varieeruvuse iseloomustamiseks kasutati standardhälvet.



Joonis 3.1. Türi ööpäeva keskmise õhutemperatuuri modelleeritud aastane käik perioodil 1966-2015 ja ööpäeva pikaajalise keskmise õhutemperatuuri aastane käik samal perioodil. R ehk korrelatsioonikordaja on leitud mudeli ja anomaalia vahel. Valem (1) koos parameetritega, mille järgi Türi mudel arvutati: $X = -11,429 \cdot \cos(0,017098 \cdot t + (-2,40077))$.

Järgmise etapina võrreldi omavahel erinevate klassifikatsioonide kõiki tüüpe (tabel 3.1), et mõista, kas need on ilnamustrite järgi sarnased. Klassifikatsioonid on jagatud kindlateks tüüpideks vastavalt sellele, milline on tüüpkaardil ilnamuster. See tähendab, et vaadeldi, kuidas paiknevad kõrg- ja madalrõhkukond ning vastavalt nende positsioonidele määrati valitsev õhuvool. Kui ühe klassifikatsiooni puhul oli mitu sarnast tüüpkaarti, kus õhuvoolu suund oli sarnane, käsitleti neid visuaalselt kokkulangevate tüüpidega, näiteks CAP09 puhul tüübid 2 ja 7, mis on mõlemad läänetüübid (lisa 9). Sellisel juhul käsitleti neid tüüpe ühe läänetüübina.

Kuna töös kasutatavate klassifikatsioonide tüüpide arv on sarnane (8, 9, 10) ning paljudel erinevate klassifikatsioonide tüüpkaartidel on sarnane muster, viidi läbi kattuvusanalüüs. Kattuvusanalüüsi eesmärgiks oli aru saada, kas erinevate klassifikatsioonide sarnased tüübid esinevad vaatlusperioodi jooksul samadel päevadel (tabel 3.2). Analüüsi aluseks võeti GWT10 tüübid, millel olid tüüpide nimed juba eelnevalt olemas. GWT10 klassifikatsiooni nimed väljendavad valdavat õhuvoolu suunda domeeni keskel või tsükloni/antitsükloni domineerimist domeeni keskel. Kattuvusanalüüsi käigus kõrvutati GWT10 tüübid kõikide teiste

klassifikatsioonide tüüpidega ning vaadeldi, mitmel protsendil ühe vaadeldava tüübi päevadest esines üks või teine võrreldava klassifikatsiooni tüüpidest. Näiteks, kui GWT10 põhjatüübi korral esines 75 või enam protsendil päevadest mõne teise klassifikatsiooni tüüp, siis määrati see põhjatüübiks.

Tabel 3.2. Erinevate klassifikatsioonide tüüpide kokkulangevus (%) GWT10 tüüpidega. Poolpaksus kirjas on märgitud tüübid, mille puhul oli kokkulangevus 75% või enam. Võrreldavate tüüpide nimed on märgitud tabelisse 3.1.

GWT10	W	SW	NW	N	NE	E	SE	S	C	AC
JCT10	43,7	48,5	45,9	53,9	41,8	37,4	48,8	55,4	70,5	82,4
HCL10	32,2	17,8	22,9	71,8	-	90,8	37,2	35,4	66,8	-
HCL09	32,2	17,8	22,9	89,2	-	90,8	37,2	35,4	-	-
CKM10	20,7	31,1	37,8	-	52,5	60,1	-	42,5	-	28,8
CKM09	24,0	30,1	40,7	-	78,2	-	-	51,0	-	-
CAP10	28,5	26,0	45,7	91,2	-	92,1	66,4	37,4	60,6	51,9
CAP09	28,3	25,8	47,0	92,5	-	94,4	68,3	36,3	-	60,5
LIT09	38,7	45,3	46,5	46,8	74,8	66,0	71,7	35,9	-	25,6
GWT08	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-
KRZ08	-	44,6	36,5	54,4	52,0	-	49,8	-	-	-
KRZ09	37,4	59,1	47,2	-	71,0	80,0	85,8	58,6	-	27,9

Pikaajalisi trende erinevates kliimaelementides uuritakse tavaliselt lineaarse regressioonanalüüsiga (Cahynová, Huth, 2009, 2010). Ka käesolevas töös on kasutatud trendianalüüsiks lineaarset regressiooni, et kirjeldada muutusi keskmises õhutemperatuuris, tüüpide esinemissagedustes ning tüüpide keskmistes temperatuurianomaalias. Regressioonanalüüsi tulemuseks saadi regressiooni-kordaja ehk sirge tõus, mis korrutati vaatlusperioodi aastate arvuga, et teada saada trendi muutus kogu perioodi jooksul. Statistilist usaldusväärsust testiti Student t-testiga ja trend loeti statistiliselt usaldusväärseks, kui $p < 0,05$. Kui $p > 0,05$, on tegu kas kasvu- või langustendentsiga.

Üldistuse mõttes vaadeldi kõikide aastaegade kahe kõige külmema tüübi temperatuurianomaalia ja esinemissageduse muutust vaatlusjaamade kohta eraldi. Keskmise muutus temperatuurianomaalia ja esinemissageduse kohta on leitud kõikide klassifikatsioonide kõikide tüüpide järgi, kus esines statistiliselt oluline muutus vastavalt kas temperatuurianomaalias või esinemissageduses.

Antud töös kasutatud klassifikatsioonid on edasiarendus COST Action 733 klassifikatsioonidest. Seetõttu võrreldi eraldi mõningaid COST Action 733 ja käesolevas töös kasutatud klassifikatsioonide andmeridu. Analüüs viidi läbi selle jaoks, et teada saada, kui hästi langevad omavahel kokku COST Action 733 domeeni 05 ja käesolevas töös kasutatud domeeni tsirkulatsioonandmed. Tegu on erinevas pikkuses perioodidega (COST-i periood 1957-2002) ja domeenid on erineva suurusega (D05 domeen 8° E kuni 34° E ja 53° N kuni 68° N). Lisaks eelnevale, on COST733 tüüpide puhul kasutatud algandmetena ERA40 järelanalüüsi andmebaasi. Detailsemalt analüüsiti GWT10 läänetüübi esinemissageduse muutusi talvel ning GWT08 kirde- ja põhjatüübi muutusi kevadel. Klassifikatsioonid ja tüübid valiti välja Cahynová ja Huth (2014) ning Kučerová *et al.* (2016) artiklite põhjal, kus on tulemuste esitamisel kasutatud samu klassifikatsioone.

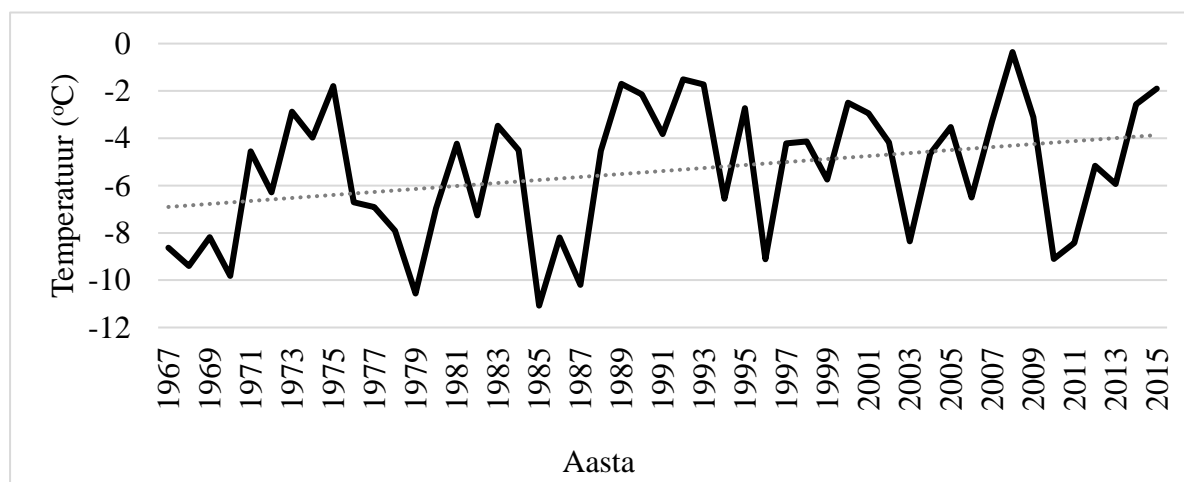
4. Tulemused

4.1. Muutused õhutemperatuuris

Tabelis 4.1 on välja toodud uuritud jaamade keskmise õhutemperatuuri statistiliselt olulised muutused 1966–2015 vaatlusperioodi jooksul. Talvine temperatuur on vaadeldaval perioodil kõige kiiremini tõusnud just Jõhvis (joonis 4.1), samas kui kevadine ja suvine temperatuur on kõige kiiremini tõusnud Vilsandil. Nimelt oli Jõhvis talvine temperatuur perioodi alguses $-8,6^{\circ}\text{C}$ ning vaadeldava perioodi lõpuks oli temperatuur trendijoone järgi tõusnud $-1,9^{\circ}\text{C}$ -le. Vilsandi kevadine temperatuur on trendijoone järgi tõusnud alusperioodi $2,6^{\circ}\text{C}$ -lt vaatlusperioodi lõpuks $6,1^{\circ}\text{C}$ -le. Kokkuvõttes võibki täheldada suurimat muutust just talve temperatuuris ja väikseimat suve temperatuuris. Oluline on tähelepanu pöörata ka sellele, et muutused on tegelikult jaamade lõikes küllaltki sarnased, erinedes maksimaalselt $0,7^{\circ}\text{C}$ võrra (Jõhvi ja Vilsandi talvise temperatuuri muutuste erinevus).

Tabel 4.1. Keskmise õhutemperatuuri muutus ($^{\circ}\text{C}$) trendijoone järgi 1966–2015. Kõik muutused statistiliselt usaldusväärsed ($p < 0,05$).

	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Aasta
Jõhvi	3,1	2,0	1,3	1,6	2,1
Vilsandi	2,4	2,1	1,9	1,6	2,2
Türi	2,9	1,7	1,4	1,5	2,0
Keskmine	2,8	1,9	1,5	1,6	2,1



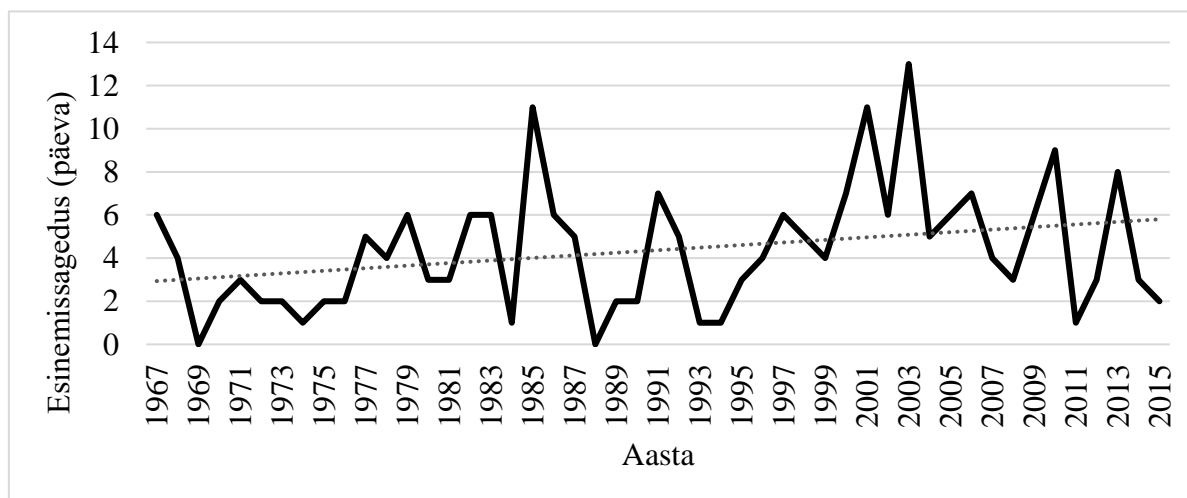
Joonis 4.1. Talve keskmine õhutemperatuur Jõhvis 1967-2015. Statistiliselt oluline muutus trendijoone järgi $+3,1^{\circ}\text{C}$. Punktiirjoon on trendijoone.

4.2. Muutused tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduses

Töös kasutatavad klassifikatsioonid on saadud erinevate klassifitseerimismeetodite teel ning pealtnäha sarnaste tsirkulatsioonimustrite kattuvus on tegelikult küllaltki madal (tabel 3.2), üldiselt alla 75%. See tähendab, et tegelikult esindavad erinevate klassifikatsioonide visuaalselt sarnased tüübid siiski erinevaid tsirkulatsiooniolusid. See on arvatavasti üheks põhjuseks, miks ei esinenud tüüpide esinemissageduses ühe tüübi lõikes kõikide klassifikatsioonide korral statistiliselt olulisi muutusi. Järgnevalt on välja toodud tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduste statistiliselt olulised muutused aastaegade lõikes. Muutused esinemissagedustes on välja toodud päevades, see tähendab, et kui tabelisse on märgitud näiteks -5, siis tüübi esinemissagedus võrreldes vaatlusperioodi algusega on vähenenud viie päeva võrra. Kõikide klassifikatsioonide tüüpide esinemissagedused vaadeldava perioodi jooksul on märgitud lisades asuvatel joonistel.

4.2.1. Talv

Talvel on üldiselt suurenenud NE ja vähenenud S ja AC tüüpide esinemissagedus (tabel 4.2). Keskmise temperatuurianomaalia, mis NE tüübiga talvel kaasneb on -4°C ehk tegu on külma tüübiga (tabel 4.6), ühtlasi on tegu klassifikatsioonide hulgas ühe kõige külmema tüübiga talvel. Keskmiselt esines antud tüüpi KRZ09 klassifikatsiooni järgi 4,9% kogu vaadeldud talvepäevadest (lisa 24), mis tähendab, et tegu on harva esineva tüübiga. Tüübi esinemissagedus on vaatlusperioodi jooksul kasvanud trendijoon järgi kolme päeva võrra (joonis 4.2 KRZ09 klassifikatsiooni näitel).

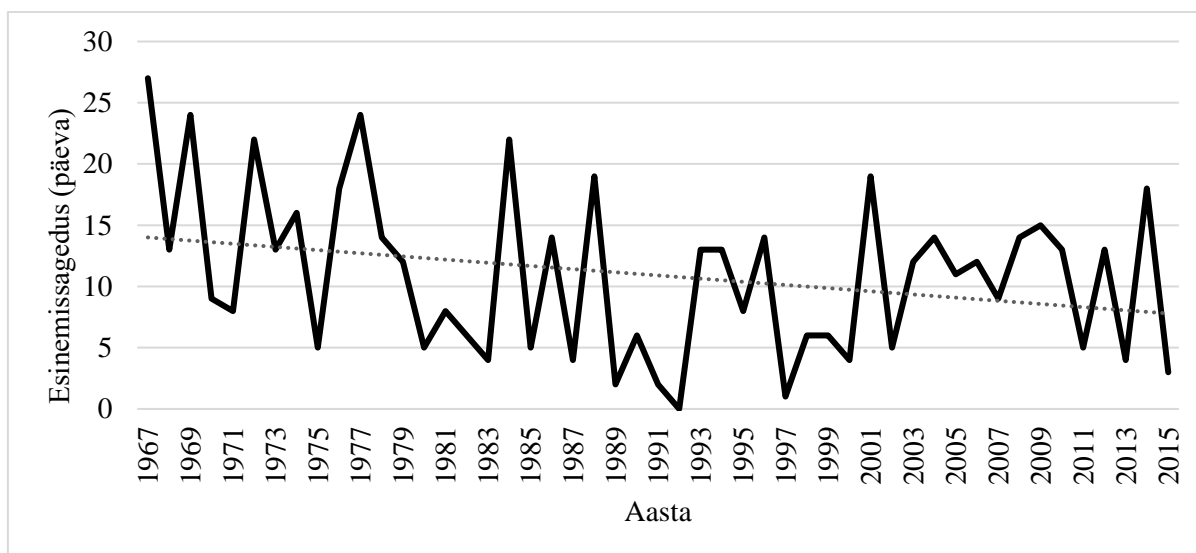


Joonis 4.2. Kirdetüübi esinemissageduse muutus päevades talveperioodil 1967–2015 KRZ09 klassifikatsiooni näitel. Statistiliselt oluline esinemissageduse tõus trendijoon järgi kolm päeva. Punktirjoon on trendijoon.

Tabel 4.2. Tüüpide esinemissageduste muutused talvel perioodil 1967–2015. Muutused on esitatud päevades. Poolpaksus kirjas ja halli taustaga on märgitud statistiliselt olulised muutused.

Talv										
Tüüp/ Klassifikatsioon	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	AC	C
CKM09	-	2	-	-	-5	2	6	-2	-3	-
CAP09	1	-	1	0	-3	5	4	-3	-5	-
LIT09	-1	1	-3	-4	-1	4	3	1	-3	-
HCL09	0	-	1	-2	-6	4	2	2	-	-
GWT08	2	1	0	2	-5	0	2	0	-	-
KRZ08	1	0	-	-3	-	2	-	0	-	-
KRZ09	-	3	-2	0	-7	5	0	1	-1	-
CAP10	1	-	0	-1	-2	6	4	-1	-4	-3
CKM10	-	0	2	-	-5	2	8	-3	-3	-
GWT10	1	1	0	2	-4	1	2	0	-3	-1
HCL10	0	-	1	-2	-6	4	2	2	-	0

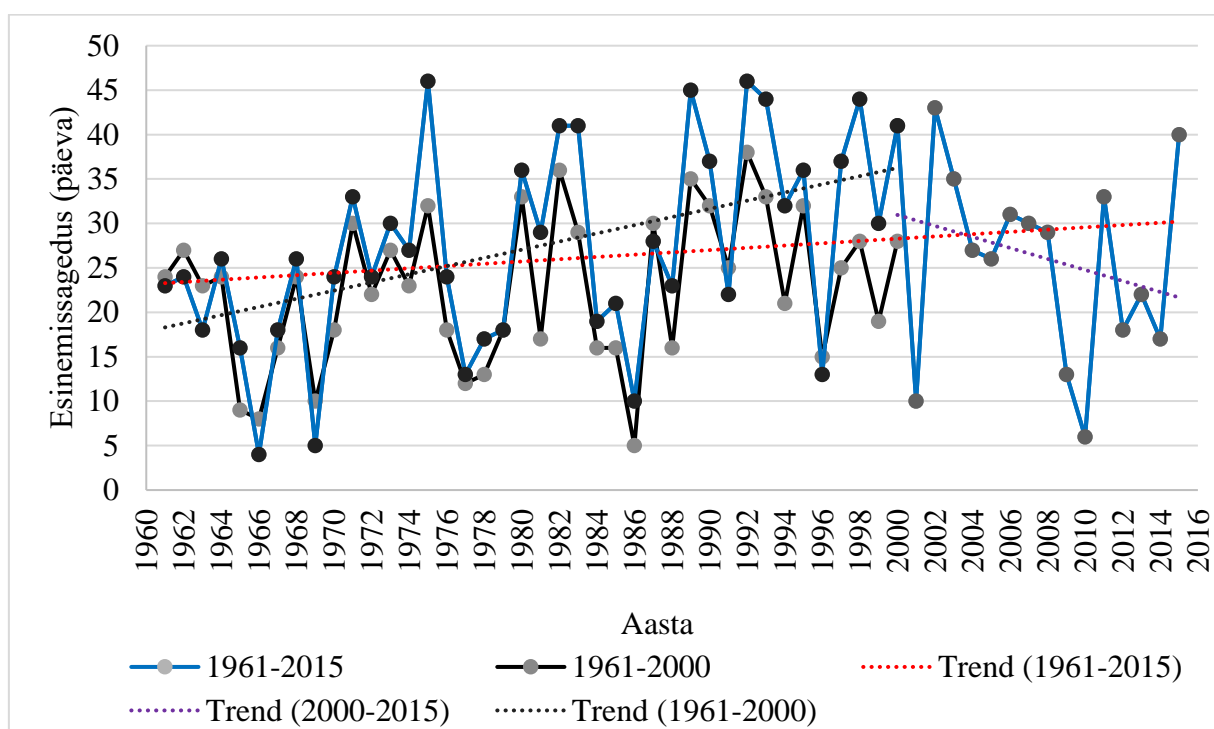
S tüübiga kaasneb keskmisest 0,7 °C madalam temperatuur (tabel 4.6) ehk tegu on külma tüübiga. Lõunatüübi esinemissagedus on vaatlusperioodi jooksul vähenenud keskmiselt kuue päeva võrra (joonis 4.3 JCT10 klassifikatsiooni näide). Eelnevalt nimetatud tüüpi esines keskmiselt 11% talvepäevadest, mis tähendab et tegu ei ole väga harva esineva tüübiga.



Joonis 4.3. Lõunatüübi esinemissageduse muutus päevades talveperioodil 1967–2015 JCT10 klassifikatsiooni näitel. Statistiliselt oluline esinemissageduse vähenemine trendijoon järgi kuue päeva võrra. Punktiirjoon on trendijoon.

AC tüübiga kaasneb keskmisest 2,4 °C madalam temperatuur (tabel 4.6) ehk tegu on ka külma tüübiga. Antitsükloonaalse tüübi esinemissagedus on vaatlusperioodi jooksul vähenenud viie päeva võrra. CAP09 klassifikatsiooni järgi on tegu keskmise sagedusega tüübiga, mis esines 9,9% talvepäevadest (lisa 6). Vaatlusperioodi alguses esines AC tüüpi keskmiselt 11 päeval, samas vaatlusperioodi lõpuks esines sama tüüpi seitsmel päeval.

Eraldi võrreldi GWT10 W tüübi esinemissageduse muutust kolmel perioodil – 1961-2015; 1961-2000; 2000-2015 (joonis 4.4) käesolevas töös kasutatud ja COST Action 733 andmeridade põhjal. Analüüs näitab, kuidas trendid on seotud vaadeldavate perioodidega. Statistiliselt oluline muutus W tüübi esinemissageduses on aset leidnud 1961-2000 aastase perioodi korral, mil tüübi esinemissagedus kasvas magistritöös kasutatud andmete järgi 20 päeva võrra ning COST Action 733 andmete järgi 16 päeva võrra. Perioodil 2000-2015 on aset leidnud W tüübi vähenemine kahe päeva võrra, kuid tegu ei ole statistiliselt usaldusväärse muutusega. Perioodil 1961-2015 oli W tüübi esinemissagedus kasvutendentsiga (+15 päeva).



Joonis 4.4. Läänetyübi esinemissageduse muutus päevades talveperioodil 1961–2015; 1961-2000; 2000-2015 GWT10 klassifikatsiooni näitel. Esinemissageduse muutus igal perioodil välja toodud erinevat värvi trendijoonega. Statistiliselt usaldusväärne esinemissageduse kasv perioodil 1961-2000 trendijoone järgi 20 päeva. Magistritöös kasutatud andmerida sinise värviga, COST Action 733 andmerida musta värviga.

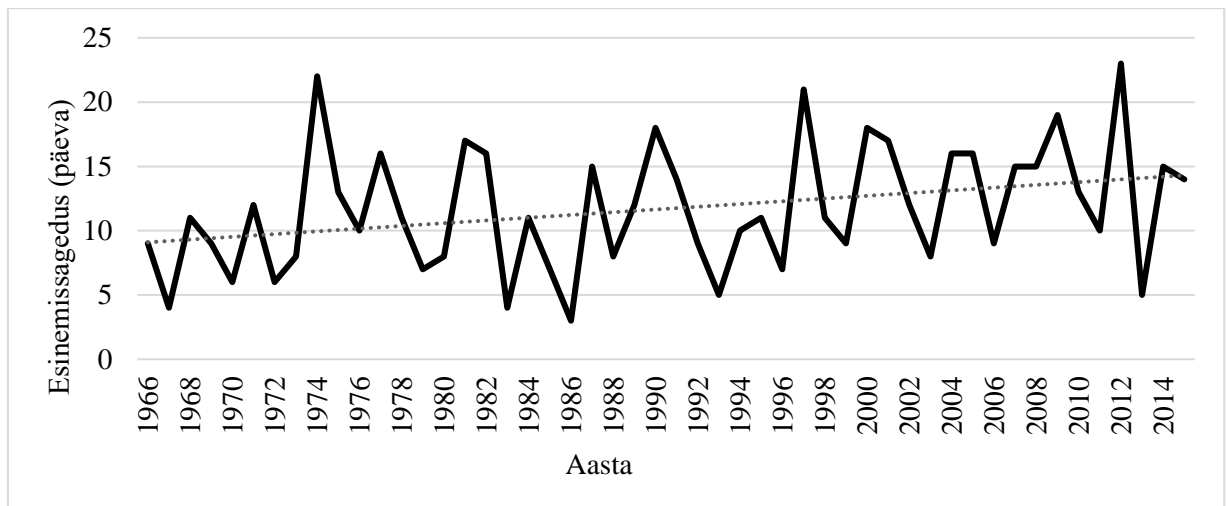
4.2.2. Kevad

Kevadel on üldiselt suurenenud N, NE ja NW ning vähenenud E ja SE tüüpide esinemissagedus (tabel 4.3). Kuigi S ja SW puhul pole esinenud üheski klassifikatsioonis statistiliselt olulisi muutusi, võib nende puhul täheldada vähenemistendentsi.

Tabel 4.3. Tüüpide esinemissageduste muutused kevadperioodil 1966–2015. Muutused on esitatud päevades. Poolpaksus kirjas ja halli taustaga on märgitud statistiliselt olulised muutused.

Kevad										
Tüüp/ Klassifikatsioon	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	AC	C
CKM09	-	-7	-	-	-1	-2	1	12	-3	-
CAP09	7	-	-7	-4	-3	-2	2	6	2	-
LIT09	3	0	-5	-8	-1	0	2	8	-1	-
HCL09	6	-	-6	-3	-3	-1	5	3	-	-
GWT08	3	-1	-6	-3	-2	-3	3	9	-	-
KRZ08	2	3	-	-16	-	-5	-	9	-	-
KRZ09	-	4	-3	-7	-2	-2	-1	10	1	-
JCT10	2	-1	-3	-2	-3	-3	1	6	4	-1
CAP10	7	-	-7	-5	-2	-2	1	5	1	1
CKM10	-	1	-8	-	0	0	-1	10	-2	-
GWT10	3	-1	-6	-3	-2	-2	3	7	1	0
HCL10	5	-	-6	-3	-3	-1	5	3	-	1

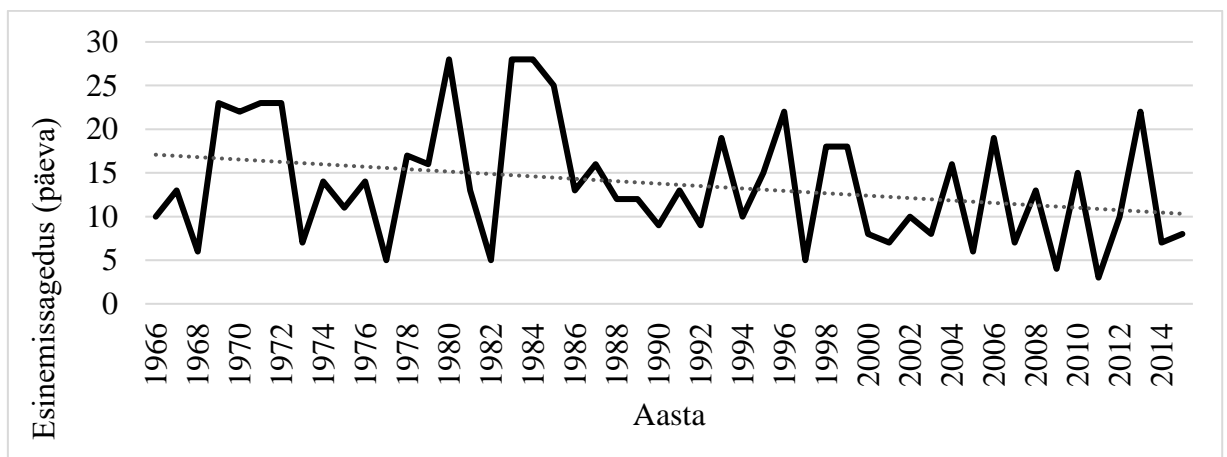
Võrreldes erinevaid klassifikatsioone, siis N tüübi puhul on kevadel tegu ühe kõige külmema tüübiga, millega kaasneb keskmisest 1,6 °C madalam temperatuur (tabel 4.6). Statistiliselt oluline muutus on aset leidnud üheksa klassifikatsiooni puhul kuues, kus esines N tüüpi. Tüübi esinemissagedus on vaatlusperioodi jooksul kolme jaama keskmisena kasvanud viie päeva võrra (joonis 4.5 HCL10 klassifikatsiooni näitel). Kusjuures näiteks GWT10 klassifikatsiooni järgi esines N tüüpi kõigest 5,3% kevadpäevadest ehk harva (lisa 4), kuid HCL10 klassifikatsiooni järgi lausa 12,7% päevadest ehk tihti (lisa 16).



Joonis 4.5. Põhjatüübi esinemissageduse muutus päevades kevadel 1966–2015 HCL10 klassifikatsiooni näitel. Statistiliselt oluline esinemissageduse suurenemine trendijoone järgi viie päeva võrra. Punktiirjoon on trendijoon.

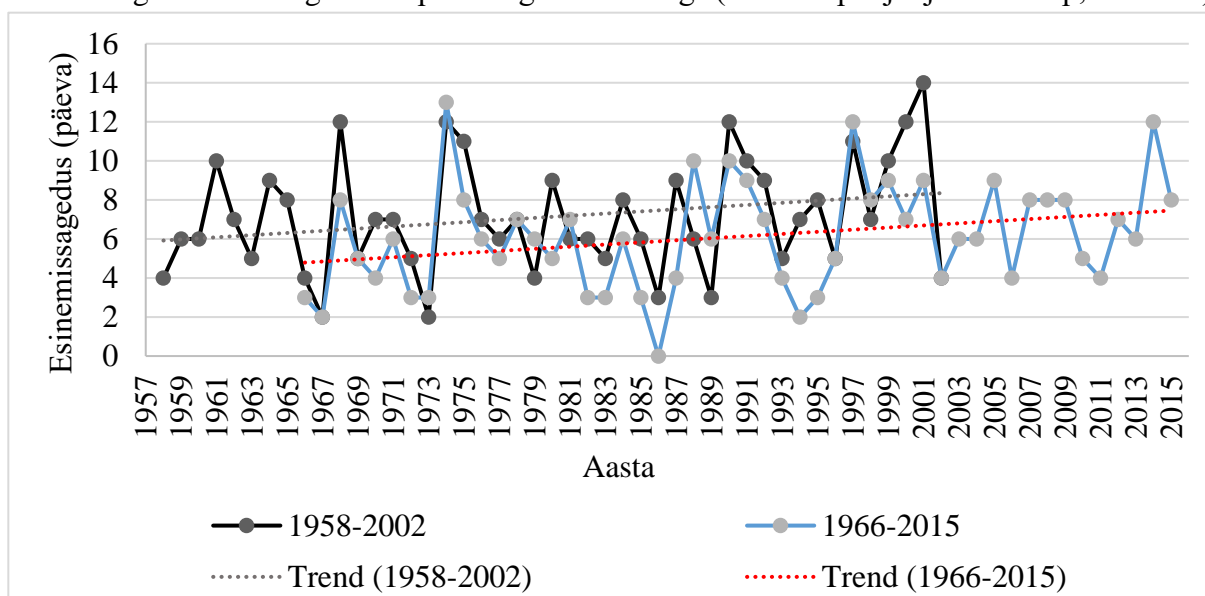
NE, E ja NW puhul on kevadel tegu külmade tüüpidega, millega kaasneb keskmisest vastavalt 1,5 °C, 0,6 °C ja 0,1 °C madalam temperatuur (tabel 4.6). NE tüübi esinemissagedus on vaatlusperioodi jooksul vähenenud kahe päeva võrra, samas kui E tüübi esinemissagedus on vähenenud lausa kuue päeva võrra. NE tüüpi esines KRZ09 klassifikatsiooni järgi 10,9% (lisa 24) kevadpäevadest. NW tüübi esinemissagedus on aga, vastupidiselt eelnevalt mainitud tüüpidele, kasvanud kaheksa päeva võrra.

SE puhul on kevadel tegu aga sooja tüübiga, millega kaasneb keskmisest 1,1 °C kõrgem temperatuur (tabel 4.6). Tüübi esinemissagedus on vaatlusperioodi jooksul trendijoone järgi vähenenud seitsme päeva võrra (joonis 4.6 KRZ09 klassifikatsiooni näitel).

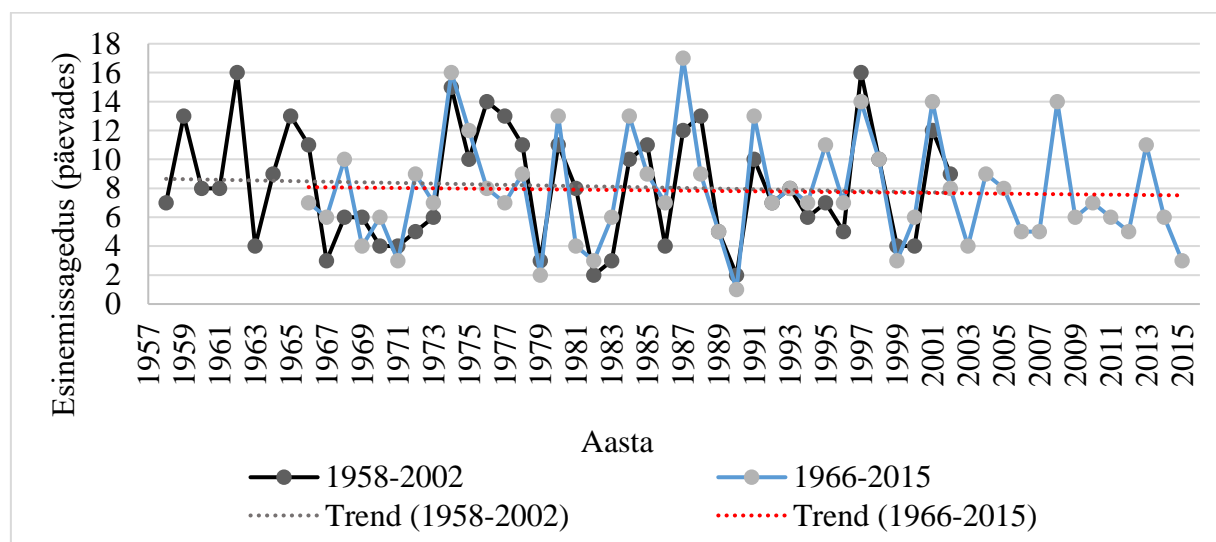


Joonis 4.6. Kagutüübi esinemissageduse muutus päevades kevadel 1966–2015 KRZ09 klassifikatsiooni näitel. Statistiliselt oluline esinemissageduse vähenemine trendijoone järgi seitsme päeva võrra. Punktiirjoon on trendijoon.

Eraldi võrreldi COST Action 733 andmebaasist pärit GWT08 klassifikatsiooni N ja NE tüüpi ja antud töös kasutatud andmeridu. Võrreldavad perioodid on erineva pikkusega, COST Action 733 - 1958-2002 ja antud töös kasutatav - 1966-2015. COST-i andmerekas ei esinenud kummagi tüüpi esinemissageduse puhul statistiliselt olulist muutust – N tüüp (joonis 4.7) näitas esinemissageduses kasvutendentsi ning NE tüüp (joonis 4.8) langustendentsi. Käesoleva magistr töö tulemused aga näitavad, et N tüüpi esinemissageduses on toimunud statistiliselt oluline sagenemine ning NE tüüp on langustendentsiga (GWT08 põhja- ja kirdetüüp, tabel 4.3).



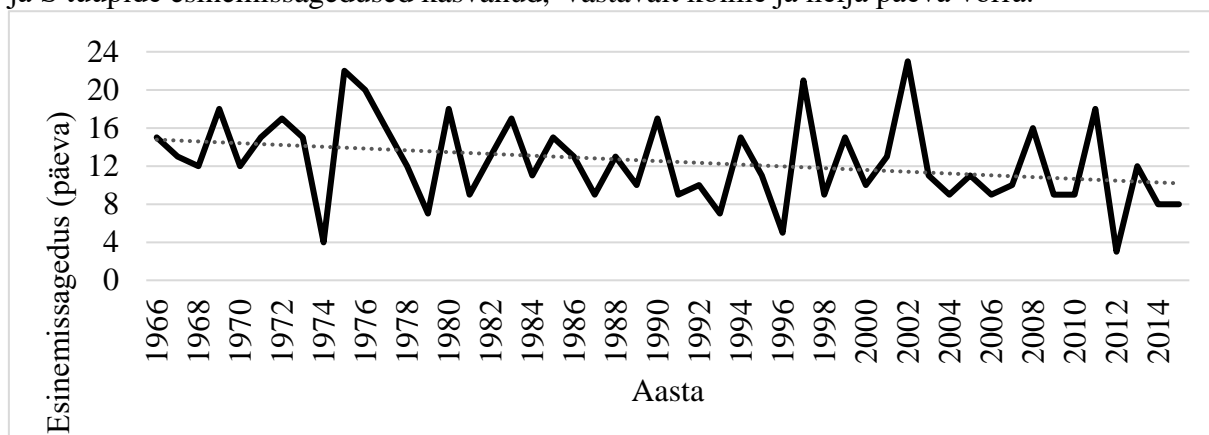
Joonis 4.7. Põhjatüüpi esinemissageduse muutus päevades kevadel 1958-2002 ja 1966–2015 (statistiliselt usaldusväärne) GWT08 klassifikatsiooni näitel. Esinemissageduse muutused kummagi perioodi kohta välja toodud trendijoontega. Musta värviga on märgitud COST Action 733 periood ja sinisega magistr töös kasutatud periood.



Joonis 4.8. Kirdetüüpi esinemissageduse muutus päevades kevadel 1958-2002 ja 1966–2015 GWT08 klassifikatsiooni näitel. Esinemissageduse muutused kummagi perioodi kohta välja toodud trendijoontega. Musta värviga on märgitud COST Action 733 periood ja sinisega magistr töös kasutatud periood.

4.2.3. Suvi

Suvel on üldiselt suurenenud NE ja vähenenud SE ja S tüüpide esinemissagedus (tabel 4.4). NE, SE ja S puhul on suvel tegu soojade tüüpidega, millega kaasneb keskmisest vastavalt 0,4 °C, 2,8 °C ja 1,5 °C kõrgem temperatuur (tabel 4.6). NE tüübi esinemissagedus on kolme klassifikatsiooni alusel vähenenud kuue päeva võrra (joonis 4.9 GWT08 klassifikatsiooni näitel). Vaatlusperioodi alguses esines GWT08 klassifikatsiooni järgi kirdetüüpi suveperioodil 15 päeval, samas kui vaatlusperioodi lõpus vaid kaheksal päeval. Erinevalt kirdetüübist, on SE ja S tüüpide esinemissagedused kasvanud, vastavalt kolme ja nelja päeva võrra.



Joonis 4.9. Kirdetüübi esinemissageduse muutus päevades suvel 1966–2015 GWT08 klassifikatsiooni näitel. Statistiliselt oluline esinemissageduse vähenemine trendijoon järgi viie päeva võrra. Punktiirjoon on trendijoon.

Tabel 4.4. Tüüpide esinemissageduste muutused suveperioodil 1966–2015. Muutused on esitatud päevades. Poolpaksus kirjas ja halli taustaga on märgitud statistiliselt olulised muutused.

Suvi										
Tüüp/ Klassifikatsioon	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	AC	C
CKM09	-	-3	-	-	2	0	-1	4	-2	-
CAP09	-6	-	-4	1	0	0	1	1	7	-
LIT09	-4	-4	-1	2	4	-3	0	2	4	-
HCL09	2	-	-1	0	-2	0	0	0	-	-
GWT08	-4	-5	-1	4	2	-1	1	4	-	-
KRZ08	-4	-6	-	-2	-	-5	-	-1	-	-
KRZ09	-	-8	2	2	-2	1	0	1	4	-
JCT10	-2	-4	0	2	3	1	3	-1	-2	-2
CAP10	-6	-	-4	2	0	0	0	1	0	7
CKM10	-	1	-4	-	2	-1	0	2	0	-
GWT10	-4	-4	0	3	1	-1	1	4	-1	-1
HCL10	-4	-	-1	0	-2	0	0	0	-	6

4.2.4. Sügis

Sügisel on üldiselt vähenenud NW ja kasvanud AC tüüpide esinemissagedus (tabel 4.5). Kuigi NE, E ja SE korral üheski klassifikatsioonis statistiliselt olulisi muutusi ei esinenud, võib siiski täheldada neis kasvutendentsi.

Tabel 4.5. Tüüpide esinemissageduste muutused sügisperioodil 1966–2015. Muutused on esitatud päevades. Poolpaksus kirjas ja halli taustaga on märgitud statistiliselt olulised muutused.

Sügis										
Tüüp/ Klassifikatsioon	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	AC	C
CKM09	-	2	-	-	-1	-1	-1	-4	5	-
CAP09	0	-	5	1	-3	2	-5	-3	4	-
LIT09	-2	1	3	1	2	-1	1	-6	1	-
HCL09	1	-	4	1	-2	0	-2	-2	-	-
GWT08	0	2	2	2	0	3	-3	-6	-	-
KRZ08	-1	2	-	5	-	2	-	-9	-	-
KRZ09	-	2	3	2	-2	2	-1	-9	2	-
JCT10	-1	2	1	2	0	0	-1	-6	5	-1
CAP10	-1	-	4	1	-2	2	-3	-4	2	2
CKM10	-	0	5	-	-1	-1	-1	-5	3	-
GWT10	0	1	2	1	-1	1	-3	-6	5	0
HCL10	-1	-	4	1	-2	0	-2	-2	-	2

NW ja AC tüübi puhul on tegu on külmade tüüpidega, millega sügisel kaasneb keskmisest vastavalt 0,6 °C ja 1,2 °C madalam temperatuur (tabel 4.6). Loodetüübi esinemissagedus on vähenenud keskmiselt kuue päeva võrra, samas kui antitsüklonaalse tüübi esinemissagedus on kasvanud viie päeva võrra. GWT10 klassifikatsiooni AC tüüpi esines vaatlusperioodi algusaasta sügisperioodil 11 päeval, samas vaatlusperioodi lõpus 16 päeval. Kusjuures AC tüüpi esines sügisperioodil GWT10 klassifikatsiooni järgi 8,9% päevadest (lisa 4) ehk tegu on küllaltki sagedase tüübiga.

4.3. Tsirkulatsioonitüüpidega kaasnev temperatuurianomaalia

Järgnevas peatükis on välja toodud erinevate tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Tabelis 4.6 on esitatud tüüpidega kaasnevad keskmised temperatuurianomaaliad, mis on leitud kõikide klassifikatsioonide kolme vaatlusjaama keskmistena. Tegu on üldistusega kõikide klassifikatsioonide kohta, vaatamata sellele, et tabeli 3.2 järgi kõik tüübid omavahel väga hästi ei klapi ning kõikide klassifikatsioonide korral kõiki tüüpe ei esinegi. Iga klassifikatsiooni kohta on temperatuurianomaaliad välja toodud lisades esitatud tabelites.

Tabelis 4.6 on välja toodud kõikide klassifikatsioonide kõikide tüüpidega kaasnev keskmine temperatuurianomaalia sesoonide kaupa. Siniseks on märgitud tüübid, millega kaasnev temperatuurianomaalia on negatiivne ehk tegu on antud aastaajal külmade tüüpidega. Punaseks on märgitud tüübid, millega kaasnev temperatuurianomaalia on positiivne ehk tegu on antud aastaajal soojade tüüpidega. Põhjatüübi ja tsükloonaalse tüübi puhul on aasta läbi tegu külmade tüüpidega, sest nendega kaasnev temperatuurianomaalia on negatiivne igal aastaajal. Edelatüübi puhul on tegu aga aasta läbi sooja tüübiga, sest selle tüübiga kaasnev temperatuurianomaalia on igal aastaajal positiivne.

Tabel 4.6. Kõikide tüüpidega kaasnev keskmine temperatuurianomaalia (°C) ja standardhälve (SD) kõigi kolme jaama keskmisena. Punasega ja kaldkirjas on märgitud soojad tüübid, sinisega külmad. N - põhjatüüp, NE - kirdetüüp, E - idatüüp, SE - kagutüüp, S - lõunatüüp, SW - edelatüüp, W - läänetüüp, NW - loodetüüp, AC - antitsükloonaalne tüüp, C - tsükloonaalne tüüp.

Tüüp	TALV	SD	KEVAD	SD	SUVI	SD	SÜGIS	SD
N	-1,3	0,7	-1,6	0,3	-0,8	0,2	-2,0	0,3
NE	-4,0	1,0	-1,5	0,5	0,4	0,6	-2,2	0,3
E	-5,2	0,8	-0,6	0,3	1,6	0,3	-2,0	0,3
SE	-3,7	0,6	1,1	0,2	2,8	0,7	-1,3	0,4
S	-0,7	0,7	1,2	0,2	1,5	0,3	0,3	0,4
SW	2,2	1,5	1,0	0,5	0,9	0,5	1,3	0,7
W	3,4	0,3	0,6	0,2	-0,2	0,2	1,0	0,2
NW	2,0	0,8	-0,1	0,4	-0,9	0,4	-0,6	0,4
AC	-2,4	1,1	-0,3	0,3	1,3	0,7	-1,2	0,7
C	-1,1	1,0	-0,5	0,6	-0,2	0,5	-1,0	0,4

Kõige suuremad standardhälbed esinevad just talviti ja seda nii külmade kui soojade tüüpide korral. Näiteks kirdetüübi puhul on CAP09 kolme jaama talve temperatuurianomaalia -5,8 °C,

kuid KRZ09 puhul $-2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Edelatüübi puhul on CAP10 kolme jaama talve temperatuurianomaalia $3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, samas kui CKM10 puhul on see aga $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Järgnevalt välja toodud maksimaalsed ja minimaalsed temperatuurianomaaliad näitavad selgesti, et kuigi erinevate klassifikatsioonide tüüpkaartide järgi on tegu sarnaste tüüpidega, ei ole nad oma olemuselt siiski 100% kattuvad (tabel 3.2). Seetõttu on ka erinevate tüüpidega kaasnevate maksimaalsete ja minimaalsete temperatuurianomaaliade vahe teatud klassifikatsioonide tüüpide puhul küllaltki suur.

Talvel kaasnevad kõige madalamad temperatuurid ida- ja kirdetüübi korral. Näiteks kaasneb GWT10 klassifikatsiooni idatüübi (lisa 3) korral kolme vaatlusjaama peale kokku keskmisest $6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ võrra madalam temperatuur, samas kui LIT09 klassifikatsiooni idatüübi (lisa 19) korral on temperatuur kõigest $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ võrra keskmisest madalam.

Kevade ja ka sügise külmimateks tüüpideks on põhja- ja kirdetüüp. Klassifikatsioonide CAP09 ja KRZ08 põhjatüübi korral kaasneb kevadel kolme vaatlusjaama peale kokku keskmisest $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ võrra madalam, samas kui CKM10 klassifikatsiooni järgi kaasneb keskmisest kõigest $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ võrra madalam temperatuur. Sügisel kaasneb KRZ08 klassifikatsiooni põhjatüübiga keskmisest $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ madalam, kuid LIT09 klassifikatsiooni järgi kõigest $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ madalam temperatuur. Keskmise minimaalne temperatuurianomaalia kolme vaatlusjaama peale kokku, mis aga kevadel kirdetüübiga kaasneb, on KRZ09 ja GWT10 klassifikatsioonide järgi $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, samas, kui CKM09 klassifikatsiooni järgi on see kõigest $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sügisel kaasneb kirdetüübiga GWT10 klassifikatsiooni järgi keskmisest $2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ madalam, kuid CKM09 klassifikatsiooni järgi kõigest $1,7$ kraadi keskmisest madalam temperatuur.

Ka suve üheks külmimaks tüübiks on põhjatüüp, ning lisaks sellele veel loodetüüp. JCT10 klassifikatsiooni põhjatüübiga kaasneb keskmisest $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ madalam, samas kui HCL10 põhjatüübiga kaasneb keskmisest lausa $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ võrra keskmisest madalam temperatuur. Loodetüübiga kaasnevaks maksimaalseks temperatuurianomaaliaks on suvel $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja see kaasneb klassifikatsiooni CKM09 loodetüübiga. Minimaalne temperatuurianomaalia kaasneb aga HCL10 loodetüübiga ja selleks on $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.4. Muutused tsirkulatsioonitüüpide temperatuurianomaaliates

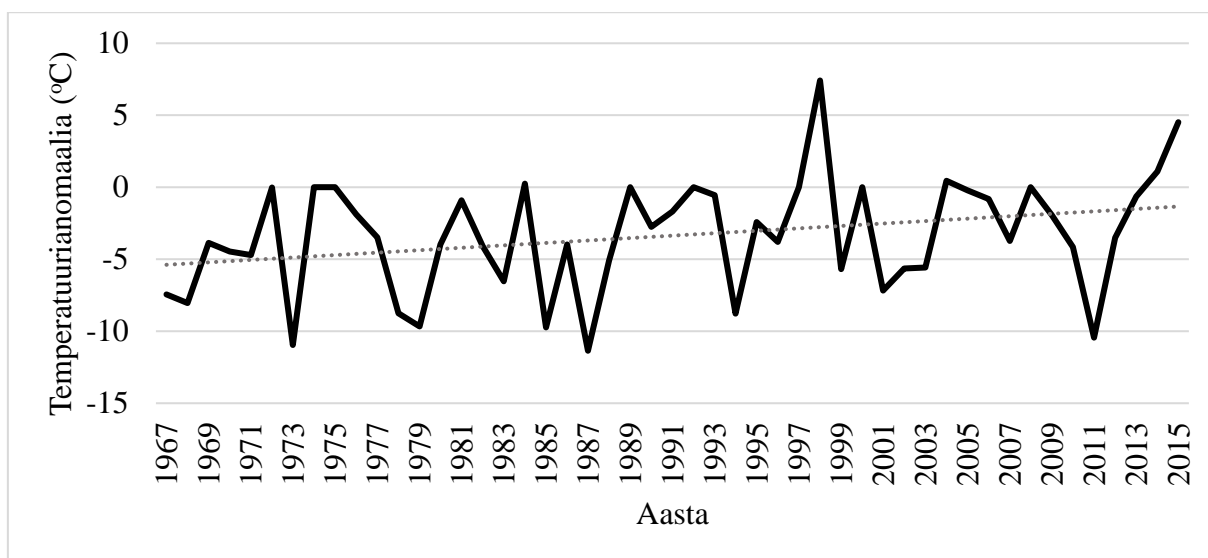
Järgnevatel tabelitel on esitatud talve, kevade, suve ja sügise kõige külmemate tüüpide (tabel 4.6) temperatuurianomaalide ja esinemissageduste muutused vaatlusperioodil 1966–2015 iga vaatlusjaama kohta eraldi. Käsitletud on põhja-, kirde-, ida- ja loodetüüpe, mille puhul on kattuvused erinevate klassifikatsioonide tüüpide puhul kõige paremad (tabel 3.2), välja arvatud loodetüübi puhul. See tähendab, et muutustesse loodetüübis tuleb suhtuda teatava ettevaatlikkusega, sest pealtnäha sarnased tüübid esindavad siiski erinevaid tsirkulatsiooniolusid. Tabelitesse on lisatud ka tüübi number, mille järgi on võimalik lisades vastava klassifikatsiooni alt näha ka antud tüübile vastavat tsirkulatsioonimustrit. Lisaks sellele on lisades asuvates tabelites märgitud kõikide klassifikatsioonide tüüpide nii statistiliselt olulised kui ka mitteolulised muutused nii temperatuurianomaaliates (°C) kui ka esinemissagedusetes (päeva). Muutused on välja toodud iga jaama kohta eraldi.

4.4.1. Talv

Tabelis 4.7 toodud ida- ja kirdetüübi puhul on tegu talve kõige külmemate tüüpidega, millega kaasnevad keskmisest vastavalt 5,2 °C ja 4 °C (tabel 4.6) madalamad temperatuurid. Mõlema eelnevalt nimetatud tüübi temperatuurianomaaliates aset leidnud muutused on mitmete klassifikatsioonide järgi statistiliselt usaldusväärsed. Nii ida- kui ka kirdetüübis on suurimad muutused temperatuurianomaaliates toimunud just Jõhvi jaamas, vastavalt +3,9 °C ja +4,3 °C. Näiteks, KRZ09 idatüübi (tüübi nr 8) keskmine temperatuurianomaalia oli vaatlusperioodi alguses -7,4 °C, samas kui vaatlusperioodi lõpus oli see 4,5 °C (joonis 4.10). Vilsandi ja Türi muutused jäävad mõlema tüübi puhul +3 °C kanti. Kuigi kõikides klassifikatsioonide tüüpides ei ole muutused statistiliselt usaldusväärsed, näitavad nad siiski teatavat kasvutendentsi, mida ei saa aga öelda esinemissageduste muutuste kohta.

Tabel 4.7. Ida- ja kirdetüübi temperatuurianomaalia (°C) ja esinemissageduse (päevades) muutus talvel kõikides klassifikatsioonides vaatlusperioodi jooksul (1967–2015) trendijoone järgi. Poolpaksus kirjas on märgitud statistiliselt olulised muutused. Tulbas A on tüüpide numbrid, tulbas B tüüpide esinemissageduste muutused. Klassifikatsioonid, mille puhul ida- või kirdetüüpi ei esinenud, on märgitud kriipsudega. Statistiliselt oluliste keskmine muutus on leitud poolpaksus kirjas andmete järgi.

Klassifikatsioon	Idatüüp (E)					Kirdetüüp (NE)				
	A	B	Temperatuurianomaalia muutus			A	B	Temperatuurianomaalia muutus		
			Jõhvi	Vilsandi	Türi			Jõhvi	Vilsandi	Türi
CKM09	-	-	-	-	-	3	2	2,9	2,6	2,4
CAP09	9	1	2,4	2,2	1,9	-	-	-	-	-
LIT09	3	-3	5,4	1,3	1,7	2	1	4,5	3,0	3,7
HCL09	9	1	2,0	2,0	2,1	-	-	-	-	-
GWT08	6	0	3,2	2,9	2,8	5	1	3,7	2,7	2,7
KRZ08	-	-	-	-	-	8	0	6,0	3,9	5,4
KRZ09	8	-2	4,1	3,2	3,9	9	3	1,8	1,7	1,7
JCT10	5	0	5,5	1,2	2,3	4	0	4,6	2,7	3,4
CAP10	9	0	1,8	1,9	1,3	-	-	-	-	-
CKM10	3	2	0,9	0,7	0,5	1	0	3,0	3,3	2,9
GWT10	6	0	3,4	2,9	2,7	5	1	3,8	2,9	3,2
HCL10	9	1	2,0	2,0	2,1	-	-	-	-	-
Stat. oluliste kesk.		-	3,9	3,1	3,3		3	4,3	3,1	3,7



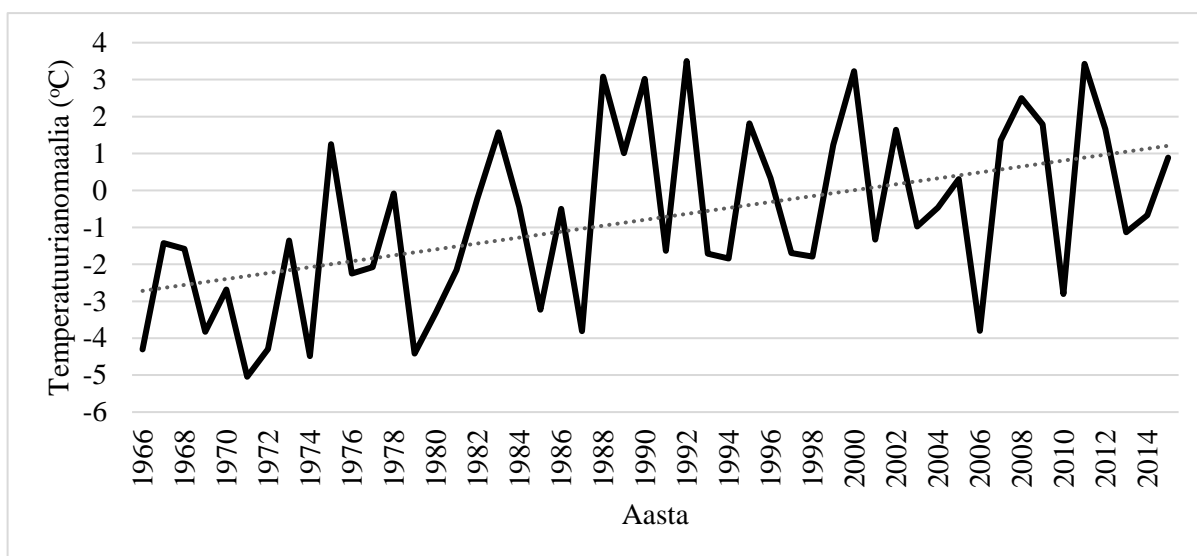
Joonis 4.10. Idatüübi temperatuurianomaalia muutus talve vaatlusperioodil 1967–2015 Jõhvi jaamas KRZ09 klassifikatsiooni järgi. Statistiliselt oluline muutus anomaalias trendijoone järgi +4,1 °C. Punktiirjoon on trendijoon.

4.4.2. Kevad

Tabelis 4.8 toodud põhja- ja kirdetüübi puhul on tegu tüüpidega, millega kaasneb kevadel keskmisest madalaim temperatuur, vastavalt $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tabel 4.6). Statistiliselt olulised muutused temperatuurianomaalias on toimunud kirdetüübi puhul kõikides jaamades ja kõikide klassifikatsioonide puhul, kus nimetatud tüüpi esineb. Sama ei saa aga öelda põhjatüübi kohta. Jõhvi jaamas on keskmine statistiliselt oluline muutus põhja- ja kirdetüübis sama suur, nimelt on anomaalia kasvanud keskmiselt $+2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vaid suurem on muutus olnud Vilsandi jaamas ja seda kirdetüübi puhul, kus anomaalia on keskmiselt kasvanud $+2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Põhja- ja kirdetüübi muutus on olnud suurim just JCT10 klassifikatsioonis. Näiteks, JCT10 klassifikatsiooni kirdetüübiga (tüüp 4, joonis 4.11, lisa 17) kaasnes vaatlusperioodi algul keskmisest $4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ madalam temperatuur, samas kui vaatlusperioodi lõpuks kaasnes sama tüübiga juba keskmisest $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ kõrgem temperatuur.

Tabel 4.8. Põhja- ja kirdetüübi temperatuurianomaalia ($^{\circ}\text{C}$) ja esinemissageduse (päevades) muutus kevadel kõikides klassifikatsioonides vaatlusperioodi jooksul (1966–2015) trendijoone järgi. Poolpaksus kirjas on märgitud statistiliselt olulised muutused. Tulbas A on tüüpide numbrid, tulbas B tüüpide esinemissageduste muutused. Klassifikatsioonid, mille puhul põhja- või kirdetüüpi ei esinenud, on märgitud kriipsudega. Statistiliselt oluliste keskmine muutus leitud poolpaksus kirjas andmete järgi.

Klassifikatsioon	Põhjatüüp (N)					Kirdetüüp (NE)				
	A	B	Temperatuurianomaalia muutus			A	B	Temperatuurianomaalia muutus		
			Jõhvi	Vilsandi	Türi			Jõhvi	Vilsandi	Türi
CKM09	-	-	-	-	-	3	-7	1,8	2,3	1,9
CAP09	3	7	1,0	2,5	1,5	-	-	-	-	-
LIT09	1	3	1,9	2,2	2,0	2	0	3,5	2,8	2,6
HCL09	3	6	1,2	2,3	1,7	-	-	-	-	-
GWT08	4	3	1,1	2,4	1,7	5	-1	2,3	3,1	2,5
KRZ08	7	2	2,0	2,3	2,3	8	3	2,5	2,7	2,4
KRZ09	-	-	-	-	-	9	4	2,2	3,1	2,5
JCT10	3	2	3,8	2,7	2,5	4	-1	4,0	3,0	3,1
CAP10	10	7	1,1	2,2	1,5	-	-	-	-	-
CKM10	-	-	-	-	-	1	1	1,9	2,6	2,3
GWT10	4	3	1,1	2,6	1,8	5	-1	2,2	3,1	2,6
HCL10	10	5	1,5	2,4	1,7	-	-	-	-	-
Stat. oluliste kesk.		5	2,6	2,4	1,9		-2	2,6	2,8	2,5



Joonis 4.11. Kirdetüübi temperatuurianomaalia muutus vaatlusperioodil 1966–2015 Jõhvi jaamas JCT10 klassifikatsiooni järgi. Statistiliselt oluline muutus anomaalias trendijoonel järgi +4,0 °C. Punktiirjoon on trendijoon.

4.4.3. Suvi

Tabelis 4.9 toodud põhja- ja loodetüüpide puhul on tegu tüüpidega, millega kaasnevad suvel keskmisest madalaimad temperatuurid. Põhjatüübiga keskmisest 0,8 °C madalam temperatuur ja loodetüübiga keskmisest 0,9 °C madalam temperatuur. Keskmise muutuse põhjatüübis on taaskord suurim Jõhvi jaamas, olles +1,8 °C. Vilsandil ja Türil on muutus sama suur, +1,5 °C. Keskmise muutuse loodetüübis on kõigis kolmes vaatlusjaamas ühtlane, olles Vilsandil +1,4 °C, Jõhvis +1,3 °C ning Türil +1,2 °C. Oluline on ka see, et Türi jaama puhul on statistiliselt oluline muutus põhjatüübis leidnud aset vaid HCL09, KRZ08 ja JCT10 klassifikatsioonide põhjatüüpide korral.

Tabel 4.9. Põhja- ja loodetüübi temperatuurianomaalia (°C) ja esinemissageduse (päevades) muutus suvel kõikides klassifikatsioonides vaatlusperioodi jooksul (1966–2015) trendijoone järgi. Poolpaksus kirjas on märgitud statistiliselt olulised muutused. Tulbas A on tüüpide numbrid, tulbas B tüüpide esinemissageduste muutused. Klassifikatsioonid, mille puhul põhja- või loodetüüpi ei esinenud, on märgitud kriipsudega. Statistiliselt oluliste keskmine muutus leitud poolpaksus kirjas andmete järgi.

Klassifikatsioon	Põhjatüüp (N)					Loodetüüp (NW)				
	A	B	Temperatuurianomaalia muutus			A	B	Temperatuurianomaalia muutus		
			Jõhvi	Vilsandi	Türi			Jõhvi	Vilsandi	Türi
CKM09	-	-	-	-	-	1	4	0,9	1,6	1,0
CAP09	3	-6	0,2	1,3	0,5	8	1	0,3	0,5	0,0
LIT09	1	-4	1,7	0,9	0,2	8	2	1,7	1,5	0,9
HCL09	3	2	1,1	1,9	1,3	8	0	0,0	0,6	0,2
GWT08	4	-4	0,0	1,2	0,4	3	4	1,3	2,0	1,5
KRZ08	7	-4	2,0	2,1	1,5	3	-1	1,0	1,3	0,5
KRZ09	-	-	-	-	-	3	1	1,0	1,5	1,1
JCT10	3	-2	2,4	2,0	1,6	2	-1	1,9	1,4	1,2
CAP10	10	-6	0,6	1,5	1,0	8	1	0,4	0,6	0,4
CKM10	-	-	-	-	-	8	2	1,0	1,6	1,0
GWT10	4	-4	0,0	1,0	0,3	3	4	1,1	1,6	1,2
HCL10	10	-4	0,0	1,0	0,3	8	0	0,0	0,6	0,2
Stat. oluliste kesk.		-	1,8	1,5	1,5		-	1,3	1,4	1,2

4.4.5. Sügis

Tabelis 4.10 toodud põhja- ja kirdetüübi puhul on tegu tüüpidega, millega kaasneb sügisel keskmisest kõige madalam temperatuur, vastavalt -2 °C ja -2,2 °C. Statistiliselt oluline muutus põhja- ja kirdetüübi temperatuurianomaalias on aset leidnud kõikides jaamades, kuid mitte kõikide klassifikatsioonide puhul. Suurim tõus temperatuurianomaalias on taas aset leidnud Jõhvis ja seda nii põhja- kui kirdetüübi korral, vastavalt +2,8 °C ja +2,5 °C. Vilsandi ja Türi muutused on mõlema tüübi puhul sarnased – põhjatüübi puhul on mõlema jaama anomaalia kasvanud +2 °C, kirdetüübi korral Vilsandil +1,9 °C ja Türil +1,7 °C.

Tabel 4.10. Põhja- ja kirdetüübi temperatuurianomaalia (°C) ja esinemissageduse (päevades) muutus sügisel kõikides klassifikatsioonides vaatlusperioodi jooksul (1966–2015) trendijoone järgi. Poolpaksus kirjas on märgitud statistiliselt olulised muutused. Tulbas A on tüüpide numbrid, tulbas B tüüpide esinemissageduste muutused. Klassifikatsioonid, mille puhul põhja- või kirdetüüpi ei esinenud, on märgitud kriipsudega. Statistiliselt oluliste keskmine muutus leitud poolpaksus kirjas andmete järgi.

Klassi- fikatsioon	Põhjatüüp (N)					Kirdetüüp (NE)				
	A	B	Temperatuurianomaalia muutus			A	B	Temperatuurianomaalia muutus		
			Jõhvi	Vilsandi	Türi			Jõhvi	Vilsandi	Türi
CKM09	-	-	-	-	-	3	2	1,2	1,5	1,1
CAP09	3	0	2,4	2,2	2,2	-	-	-	-	-
LIT09	1	-2	3,5	1,7	1,1	2	1	4,3	2,0	2,0
HCL09	3	1	1,6	1,8	1,5	-	-	-	-	-
GWT08	4	0	2,5	2,4	2,6	5	2	1,9	2,1	2,1
KRZ08	7	-1	2,5	1,9	2,2	8	2	1,7	2,0	1,8
KRZ09	-	-	-	-	-	9	2	1,9	2,1	1,8
JCT10	3	-1	4,4	1,9	1,7	4	2	3,4	1,6	1,3
CAP10	10	-1	2,7	2,5	2,6	-	-	-	-	-
CKM10	-	-	-	-	-	1	0	1,9	1,8	2,1
GWT10	4	0	2,5	2,4	2,0	5	1	1,0	1,3	0,7
HCL10	10	-1	1,3	1,9	1,2	-	-	-	-	-
Stat. oluliste kesk.		-	2,8	2,1	2,1		-	2,5	1,9	1,7

5. Arutelu

Käesolevas magistritöös uuriti, kuidas Eesti õhutemperatuuri tõus on seotud muutustega atmosfääri tsirkulatsioonis. Selle jaoks kasutati erinevate klassifitseerimismeetodite teel saadud tsirkulatsioonitüüpe. Kõik klassifikatsioonid erinevad üksteisest mingil määral ning neil on omad eripärad. Näiteks klassifikatsiooni HCL09 järgi esineb Eestis suvel kõige enam just põhjatüüpi (44,8% päevadest, lisa 14), kuid GWT08 järgi näiteks läänetüüpi (20,6% päevadest, lisa 2). Et näha, kas näiliselt sarnased tüübid esindavad sarnaseid tsirkulatsiooniolusid viidi töös läbi kattuvusanalüüs. Analüüsi tulemuseks saadi, et kõige paremini kattuvad põhja-, kirde- ja idatüübid (tabel 3.2). See tähendab, et eelnevalt nimetatud tsirkulatsioonitüübid on suhteliselt kõige lihtsamini kirjeldatavad ehk nad kirjeldavad suhteliselt lihtsamaid tsirkulatsiooni situatsioone (tavaliselt kaua ühe koha peal püsiva kõrgrõhkonna asend). Kõige halvemini kattusid läänetüübid ehk iga klassifikatsioon kirjeldab veidi erinevaid tsirkulatsiooniolusid. See tähendab aga seda, et klassifikatsioonid on omavahel raskesti võrreldavad ning üldise pildi saamiseks peab kasutama suhteliselt suurt hulka erinevaid klassifikatsioone (Cahynová, Huth, 2010).

Töös analüüsiti Jõhvi, Vilsandi ja Türi jaama keskmise õhutemperatuuri muutusi perioodil 1966–2015. Aasta keskmise õhutemperatuuri tõus jääb kolme jaama järgi vahemikku +2 °C...+2,2 °C. Õhutemperatuur on vaatlusperioodi jooksul kõige enam tõusnud talvel, trendijoone järgi +2,8 °C. Kevadel, suvel ja sügisel jääb temperatuuri tõus vahemikku +1,5 °C...+1,9 °C. Eestis on läbi viidud mitmeid õhutemperatuuri analüüse (Jaagus, 1999; Tarand *et al.*, 2013; Jaagus, Sepp, 2016), kuid käesolevas magistritöös kasutatud perioodiga langevad kokku vaid Tarand *et al.* (2013) ja Jaagus, Sepp (2016) uuringud. Jaagus ja Sepp (2016) on analüüsinud õhutemperatuuri muutusi perioodil 1951–2015. Nende saadud tulemuste järgi on temperatuur kõige enam tõusnud just kevadperioodil, seda üle +3 °C. Ülejäänud aastaegade ja ka aastate keskmise õhutemperatuuri tõusu tulemused on sarnased magistritöös saadud tulemustega. Kui vaadelda eraldi Vilsandi ja Türi jaama temperatuuri muutusi, siis selgub, et perioodil 1951–2016 oligi suurim muutus just kevadel (Jaagus, Sepp, 2016). Ka Tarand *et al.* (2013) tulemuste põhjal on aasta keskmine temperatuur perioodil 1966–2010 tõusnud +1,6°C...+2 °C. Jõhvi aastane muutus +1,8 °C (siin töös +2,1 °C), Vilsandil +2 °C (siin töös +2,2 °C) ja Türil +1,8 °C (siin töös +2 °C).

Eelnevalt väljatoodud erinevuste üheks põhjuseks on see, et trend sõltub väga palju vaatlusperioodist, mille kohta arvutusi tehakse (Tarand *et al.*, 2013). Lisaks sellele lõppeb Tarand *et al.* (2013) analüüsitud periood 2010. aastaga, kuid NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration* - USA Rahvuslik Ookeani ja Atmosfääri Administratsioon) (<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201613>) andmetel on viis kõige soojemat aastat esinenud just alates 2010. aastast (2010 kaasa arvatud).

Tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedusi uuriti aastaegade kaupa. Statistiliselt usaldusväärseid trende oli vähe. Ka Cahynová ja Huth (2010, 2014) on sarnaseid klassifikatsioone analüüsides jõudnud järeldusele, et statistiliselt usaldusväärsed muutused tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedustes on haruldased. Erinevate tüüpide esinemissagedustes oli kõige enam statistiliselt olulisi muutusi just kevadperioodil. Talvel, sügisel ja suvel oli muutusi vaid üksikute klassifikatsioonide üksikute tüüpide korral.

Mitmetes varem läbi viidud uuringutes nii Eesti (Keevallik *et al.*, 1999; Jaagus, 2003; Jaagus *et al.*, 2008) kui ka Euroopa (Kysely, Huth, 2006; Cahynová, Huth, 2010, 2014; Küttel *et al.*, 2011; Hoy *et al.*, 2013; Kučerová *et al.*, 2016) kohta on leitud, et läänevool või seda iseloomustavad tsirkulatsioonitüübid on muutunud sagedasemaks ja seda just talvel. Eeldatavalt tulenes läänetüübi sageduse kasv sellest, et pärast 1960. aastaid esines enam NAO (*North Atlantic oscillation* – Põhja-Atlandi ostsillatsioon) positiivset faasi (Hurrell, 1995; Jaagus, 2003). Jaagus *et al.* (2008) tulemuste põhjal sagenes talvel läänetüüp just külma idatüübi arvelt, millega on seletatavad ka soojemad talved. Magistritöös kasutatud andmete põhjal on läänetüübis (talvel soe ehk tüübiga kaasneb keskmisest kõrgem temperatuur) märgata vaid kasvutendentsi (muutus ei ole statistiliselt usaldusväärne). Sarnast tendentsi läänetüübi puhul täheldasid ka Kučerová *et al.* (2016). Nagu eelnevalt mainitud, on mitmed teadlased oma töödes täheldanud läänetüübi esinemissageduse kasvu, kuid suurem osa neist töödest käsitlevad perioodi, mis lõppeb 2000. aastate alguses. Seetõttu sai eraldi analüüsitud GWT10 klassifikatsiooni läänetüüpi talveperioodil. Analüüsis tulevad hästi välja erinevate perioodide erisuunalised trendid. Kui GWT10 läänetüübi esinemissagedust vaadata perioodil 1961-2000, siis esines seal statistiliselt usaldusväärne esinemissageduse kasv (+20 päeva, joonis 4.4). Alates 2000. aastate algusest on läänetüüp langustendentsiga, mis võib olla üheks põhjuseks, miks ei esinenud perioodil 1967-2015 statistiliselt usaldusväärset muutust läänetüübi esinemissageduses.

Magistritöös saadud tulemused talve kohta näitavad ka statistiliselt olulist negatiivset trendi lõuna- ja antitsükloonaalses tüübis, kusjuures mõlema puhul on tegu talvel külma tüübiga. Edelatüübi (talvel soe) puhul on märgata vaid kasvutendentsi. Sarnast tendentsi edelatüübi puhul täheldasid ka Kučerová *et al.* (2016). Lõuna- ja antitsükloonaalse tüübi esinemissageduse vähenemine omab eeldatavasti suurt rolli selles, miks talvine temperatuur on tõusnud. Kusjuures, nende tüüpide puhul on leidnud aset ka statistiliselt oluline soojenemine.

Kevadel on statistiliselt oluliselt vähenenud idatüüp (külm) ja kagutüüp (soe) ning statistiliselt oluliselt sagenenud loodetüüp (külm). Kučerová *et al.* (2016) analüüsist selgus, et domeenis 05 (joonis 1.1), kuhu Eesti kuulub, on oluliselt vähenenud lisaks eelnevalt mainitud tüüpidele ka põhja- ja kirdetüüp, kuid antud magistritöös taolist trendi ei ilmnunud. Siin kasutatud klassifikatsioonide järgi on põhjatüüp hoopis olulisel määral sagenenud. Töös võrreldi omavahel COST Action 733 lehelt pärit GWT08 põhja- ja kirdetüübi ja käesolevas töös kasutatud andmeid. Analüüsist võib järeldada, et teatavad erinevused tulemustes on tingitud sellest, et Kučerová *et al.* (2016) periood (september 1957 – august 2002) ei ühti siin töös kasutatud perioodiga. Lisaks sellele ei ole käesolevas töös kasutatud uurimisala täpselt sama suurusega, mis COST 733 projekti raames määratud domeeni D05 (joonis 1.1). Erinevused tulenevad arvatavasti ka sellest, et Kučerová *et al.* (2016) töös ei ole kasutatud täpselt sama õhurõhu järelanalüüsi andmebaasi. Siin töös on kasutatud NCEP/NCAR aga Kučerová *et al.* (2016) kasutasid ERA-40 järelanalüüsi andmebaasi. Võrdlusest selgub ka see, et käesolevas töös kasutatud ja COST Action 733 andmebaasist pärit tüüpide esinemissagedused on seetõttu erinevad (joonis 4.7 ja 4.8).

Suvel esines statistiliselt oluline vähenemine kirdetüübis ja oluline kasv kagutüübis, kusjuures mõlema puhul on tegu sooja tüübiga. Sügisel esines oluline vähenemine vaid loodetüübi (külm) esinemissageduses. Öhuvoolu vähenemist kirdest suvel ja loodetuulte vähenemist sügisel on täheldanud perioodi 1966-2008 ka Jaagus ja Kull (2011).

Kuna üldiselt oli väheste tüüpide esinemissagedustes statistiliselt olulisi muutusi, võib väita, et Eesti kliimasoojenemine on vaid osaliselt seletatav muutustega tüüpide esinemissagedustes. Põhiliselt on temperatuuri muutus seletatav siiski muutustega tüüpides endas, see tähendab tüüpide siseses varieeruvuses. Näiteks, Küttel *et al.* (2011) saadi, et 70% Euroopa talvetemperatuuri muutlikkusest on seletatav tüüpide siseste muutustega. See tähendab aga seda, et kui varem põhjendati talve soojenemist põhimõtteliselt läänetüübi sagenemisega ja

külmade tüüpide vähenemisega, siis tegelikult ei tulene soojenemine vaid sellest. Olulist rolli mängib ka see, et tüübid ise on üha soojemaks läinud.

Käesolevas töös uuritud tüüpide puhul esines peaaegu kõikide korral statisiliselt olulist temperatuurianomaalia tõusu. See tähendab, et tüüpidega kaasneb senisest soojem ilm. Peamiselt on soojenenud just iga aastaaja kõige külmamad tüübid. Nii külmade kui ka soojade tüüpide soojenemine on kooskõlas üleüldise temperatuuri tõusuga vaadeldud perioodil. Suurim tõus tüüpide temperatuurianomaaliates talvel ühtib hästi positiivse trendiga talvel. Kõige väiksem muutus nii tüüpide temperatuurianomaaliates kui ka üleüldises soojenemises on toimunud suvel. Siin on teatud vastuolu Sepp (2015) analüüsi tulemustega, kes uuris kuumapäevade keskmist arvu perioodil 1981-2010. Selgus, et kuumapäevade arv on kasvanud 1,4 päeva võrra. Seevastu Tarand *et al.* (2013) andmete põhjal on juunikuu temperatuur langustendentsiga, seega suve kolme kuu keskmise õhutemperatuuri muutus on võrreldes teiste aastaaegadega tagasihoidlik. Sügisel ja kevadel oli muutus enam-vähem võrdne, mis on vastavuses nii tüüpide siseste temperatuurianomaaliade muutustega kui ka üleüldise temperatuuri tõusuga.

Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö peamiseks eesmärgideks oli välja selgitada, kas õhutemperatuuri muutused Eestis tulenevad sellest, et: (1) mõne tsirkulatsioonitüübi esinemissagedus on kasvanud/vähenenud; (2) tsirkulatsioonitüüpidega kaasnev temperatuurianomaalia on vaatlusperioodi jooksul kasvanud/vähenenud. Tulemusteni jõudmiseks kasutati COST733cat versiooni 2.0 klassifikatsioone – JCT, LIT, GWT, KRZ, CKM, CAP, HCL. Uurimisaluseks perioodiks oli 1966–2015. Eesti ilmajaamadest kasutati Jõhvi, Türi ja Vilsandi ööpäeva keskmise õhutemperatuuri andmeid.

Järgnevalt on välja toodud peamised tulemused, mis saadi pärast õhutemperatuuri ja tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduse analüüsimist.

- Õhutemperatuur on kolme jaama keskmisena kõige kiiremini tõusnud talveperioodil, trendijoone järgi +2,8 °C. Suurim on tõus olnud Jõhvis +3,1 °C, väikseim Vilsandil +2,4 °C.
- Kevadperioodil on õhutemperatuur kolme jaama keskmisena tõusnud +1,9 °C. Suurim tõus Vilsandil +2,1 °C, väikseim Türil +1,7 °C. Suve- ja sügisperioodil on õhutemperatuuri tõus olnud sarnane, vastavalt +1,5 °C ja +1,6 °C.
- Tsirkulatsioonitüüpide esinemissageduses oli usalduväärsed muutusi vaid üksikute klassifikatsioonide korral. Tüüpide esinemissageduses on kõige enam trende kevadel, teistel aastaaegadel vähem.
 - Talvel:
 - positiivne trend kirdetüübis (trendijoone järgi +3 päeva), loodetüübis (+1 päev),
 - negatiivne trend lõunatüüpides (-6 päeva) ja antitsükloonaalses tüübis (-5 päeva).
 - Kevadel:
 - positiivne trend põhjatüüpides (+5 päeva), loodetüüpides (+8 päeva);
 - negatiivne trend kirdetüübis (-2 päeva), idatüüpides (-6 päeva) ja kagutüüpides (-7 päeva).
 - Suvel:
 - positiivne trend kagutüüpides (+3 päeva) ja lõunatüüpides (+4 päeva);
 - negatiivne trend kirdetüüpides (-6 päeva).
 - Sügisel:
 - positiivne trend antitsükloonaalses tüübis (+5 päeva);

- negatiivne trend loodetüüpides (-6 päeva).
- Statistiliselt oluline soojenemine on aset leidnud enamuses tüüpides, kuid kõige rohkem on soojenenud külmad tüübid. Talve kõige külmemateks tüüpideks – ida- ja kirdetüüp. Idatüübi soojenemine +3,1 °C...+3,9 °C, kirdetüübi soojenemine +3,1 °C...+4,3 °C.

Kuna töös kasutatavate klassifikatsioonide kõikides tüüpides ei esinenud esinemissagedustes statistiliselt olulisi muutusi, võib kokkuvõtteks öelda, et õhutemperatuuri muutused Eestis on põhjustatud pigem tüüpide sisestest muutustest, mitte niivõrd esinemissageduste muutustest. Oluline erinevus, mis magistritöös ilmnes, võrreldes teiste samalaadsete töödega, oli see, et statistiliselt olulisi muutusi tüüpide esinemissagedustes esines talvel vähe. Töö üheks tähtsaks tulemuseks pean seda, et kui varem oldi kindlad, et läänetüübi sagenemine on üheks olulisemaks põhjuseks, miks talvel õhutemperatuur tõuseb, siis see ei ole kindlasti ainuke põhjus. Kindlasti on tähtis ka see, et kuna klassifikatsioonide vahelised tulemused erinesid, siis on oluline kasutada tsirkulatsiooni uuringutes rohkem kui vaid ühte klassifikatsiooni. Vastasel juhul ei ole võimalik teha tulemuste põhjal korrektset üldistust.

Climate warming in Estonia during 1966-2015 and its relationship with atmospheric circulation

Merily Lakson

Summary

The main aim of this Master's thesis was to find out whether the changes in air temperature in Estonia are related to the fact that: (1) some circulation types' frequency has increased/decreased; (2) temperature anomaly that occurs with certain circulation types has increased/decreased during the study period. To achieve the results, COST733cat version 2.0 classifications – JCT, LIT, GWT, KRZ, CKM, CAP, HCL – were used. The study period was 1966-2015. Three Estonian stations' – Jõhvi, Türi and Vilsandi – daily average temperature was used.

Results that were achieved after analysing changes in air temperature and circulation types' frequencies are brought out in the following list.

- Average air temperature in three stations has risen the most in the winter period, by the trend line +2.8 °C. Increase has been the biggest in Jõhvi +3.1 °C and the smallest in Vilsandi +2.4 °C.
- During the spring, the average air temperature in three stations has risen +1.9 °C. Biggest increase in Vilsandi +2.1 °C, and smallest in Türi +1.7 °C. The air temperature increase in summer and autumn has been similar, in summer +1.5 °C and in autumn +1.6 °C.
- Statistically significant changes in the frequencies of circulation types occurred only in few classifications. There were most trends in spring and less in other seasons.
 - In winter:
 - the positive trend in north-eastern type (by the trend line +3 days), north-western (+1 days),
 - the negative trend in southern types (-6 days) and anticyclonic type (-5 days).
 - In spring:
 - the positive trend in northern types (+5 days), north-western types (+8 days);

- the negative trend in north-eastern types (-2 days), eastern types (-6 days) and south-eastern types (-7 days).
- In summer:
 - the positive trend in south-eastern types (+3 days), southern types (+4 days);
 - the negative trend in north-eastern types (-6 days).
- In autumn:
 - the positive trend in anticyclonic type (+5 days);
 - the negative trend in north-western types (-6 days).
- Most of the circulation types have warmed significantly but most of all, the cold ones. In winter east and north-east types are the coldest. Eastern type has warmed +3.1 °C...+3.9 °C, north-eastern type +3.1 °C...+4.3 °C.

In conclusion, it can be said that the changes in Estonian air temperature are the results of changes within types rather than changes in circulation types frequencies because there were only a few statistically significant changes in circulation types frequencies. An important difference between this Master's thesis and other similar works was that there were few statistically significant changes in circulation types' frequencies in winter. One of the most important results of this thesis is that, if earlier it was thought that the increase in air temperature in winter was caused by a more frequent occurrence of western type, then that is definitely not the only reason. It is important to use more than only one classification when analysing atmospheric circulation because the results between classifications are different. In other cases, it is not possible to make a correct generalisation.

Tänuavaldused

Tänan oma juhendajat Mait Seppa, kes aitas igati kaasa töö valmimisele. Tänan ka Piia Posti, kes arvutas tsirkulatsioonitüüpide klassifikatsioonid ja joonised ning Jaak Jaagust, kelle käest sain õhutemperatuuri andmed.

Kasutatud allikad

BACC Author Team (2015) Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin. Springer, Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London. 501 pp.

Barry, R.G., Perry, A.H. 1973. Synoptic climatology: methods and applications. Methuen & Co. 555 pp.

Baur, F., Hess, P., Nagel, H. 1944. Kalender der Großwetterlagen Europas 1881-1939. Deutscher Wetterdienst, Bad Homburg. 35 pp.

Beck, C., Jacobeit, J., Jones, P. D. 2007. Frequency and within-type variations of large-scale circulation types and their effects on low-frequency climate variability in Central Europe since 1780. *Int. J. Climatol.* 27, 473-491.

Beranová, R., Huth, R. 2008. Time variations of the effects of circulation variability modes on European temperature and precipitation in winter. *Int. J. Climatol.* 28, 139–158.

Cahynová, M., Huth, R. 2009. Changes of atmospheric circulation in Central Europe and their influence on climatic trends in the Czech Republic. *Theor. Appl. Climatol.* 96, 57-68.

Cahynová, M., Huth, R. 2010. Circulation vs. climatic change over the Czech Republic: A comprehensive study based on the COST733 database of atmospheric circulation classifications. *Phys. Chem. Earth.* 35, 422–428.

Cahynová, M., Huth, R. 2014. Atmospheric circulation influence on climatic trends in Europe: an analysis of circulation type classifications from the COST733 catalogue. *Int. J. Climatol.* 36, 2743-2760.

Dzerdzejevski, B. 1975. Obščaja tsirkuljacija atmosfery i klimata. Nauka, Moskva. 240 pp.

Fleig, A. K., Tallaksen, L. M., Hisdal, H., Stahl, K., Hannah, D. M. 2010. Inter-comparison of weather and circulation type classifications for hydrological drought development. *Phys. Chem. Earth.* 35, 507–515.

Girs, A. A. 1971. Mnogoletnije kolebanija atmosfernoj cirkuljacii i dolgosročnyje gidrometeorologičeskije prognozy. Gidrometeoizdat, Leningrad. 280 pp.

- Hess, P., Brezowsky, H. 1952. Katalog der Großwetterlagen Europas. Ber. Dtsch. Wetterdienstes. 33, Bad Kissingen.
- Hoy, A., Sepp, M., Matschullat, J. 2013. Large-scale atmospheric circulation forms and their impact on air temperature in Europe and northern Asia. *Theor. Appl. Climatol.* 113, 643-658.
- Hoy, A., Schucknecht, A., Sepp, M., Matschullat, J. 2014. Large-scale synoptic types and their impact on European precipitation. *Theor. Appl. Climatol.* 116, 19–35.
- Hurrell, J. W. 1995. Decadal trends in North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation. *Science*. 269, 676-679.
- Huth, R., Beck, C., Philipp, A., Demuzere, M., Ustrnul, Z., Chaynovà, M., Kyselý, Tveito, O. E. 2008. Classifications of atmospheric circulation patterns. Recent advances and applications. Trends and directions in climate research. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1146, 105-152.
- Huth, R., Beck, C., Kučerová, M. 2015. Synoptic-climatological evaluation of the classifications of atmospheric circulation patterns over Europe. *Int. J. Climatol.* 36, 2710-2726.
- Jaagus, J. 1999. Uusi andmeid Eesti kliimast. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 85, 28-38.
- Jaagus, J. 2003. Kliimamuutuse tendentsid Eestis 20. sajandi teisel poolel seostatuna muutustega atmosfääri tsirkulatsioonis. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 93, 62-78.
- Jaagus, J., Post, P., Tomingas, O. 2008. Changes in storminess on the western coast of Estonia in relation to large-scale atmospheric circulation. *Clim. Res.* 36, 29-40.
- Jaagus, J., Kull, A. 2011. Change in surface wind directions in Estonia during 1966-2008 and their relationships with large-scale atmospheric circulation. *Est. J. Earth Sci.* 60, 220-231.
- Jaagus, J., Sepp, M. 2016. Eesti kliima trendid ja režiimihked. *Publ. Geophys. Univ. Tartuensis.* 51, 88-100.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chellah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowlak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D. 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 77, 437-472.
- Keevallik, S., Loitjäär, K. 1999. Euroopa ilmapuustrid ja sünoptiline situatsioon Eestis. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 85, 123–132.

- Keevallik, S., Post, P., Tuulik, J. 1999. European circulation patterns and meteorological situations in Estonia. *Theor. Appl. Climatol.* 63, 117-127.
- Kučerová, M., Beck, C., Philipp, A., Huth, R. 2016. Trends in frequency and persistence of atmospheric circulation types over Europe derived from multitude of classifications. *Int. J. Climatol.* 37, 2502-2521.
- Küttel, M., Luterbacher, J., Wanner, H. 2011. Multidecadal changes in winter circulation-climate relationship in Europe: frequency variations, within-type modifications, and long-term trends. *Clim. Dyn.* 36, 957-972.
- Kysely, J., Huth, R. 2006. Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods. *Theor. Appl. Climatol.* 85, 19-36.
- Lamb, H.H. 1972. British Isles weather types and a register of daily sequence of circulation patterns, 1861-1971. *Geophysical Memoir*, 110, HMSO, London. 85 pp.
- Lupikasza, E. 2010. Relationships between occurrence of high precipitation and atmospheric circulation in Poland using different classifications of circulation types. *Phys. Chem. Earth.* 35, 448-455.
- Philipp, A., Bartholy, J., Beck, C., Erpicum, M., Esteban, P., Fettweis, X., Huth, R., James, P., Jourdain, S., Kreienkamp, F., Krennert, T., Lykoudis, S., Michalides, S.C., Pianko-Kluczynska, K., Post, P., Alvarez, D.R., Schiemann, R., Spekat, A., Tymvios, F.S. 2010. Cost733CAT - a database of weather and circulation type classifications. *Phys. Chem. Earth.* 35, 360-373.
- Post, P., Tuulik, J. 1999. Temperatuuri- ja sademetejaotusest erinevate tsirkulatsioonitüüpide korral Eesti ja Saksamaa jaamades. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 85, 134-143.
- Sepp, M. 1999. Atmosfääri üldise tsirkulatsiooni tüüpide korduvuse seosed Eesti ilmastikuga. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 85, 108-122.
- Sepp, M. 2015. Kliimamuutustega kohanemise klimatoloogilised aspektid. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 112, 20-37.
- Sepp, M., Jaagus, J. 2002. Frequency of circulation patterns and air temperature variations in Europe. *Boreal Env. Res.* 7, 273-279.
- Sepp, M., Jaagus, J. 2011. Changes in the activity and tracks of Arctic cyclones. *Clim. Chang.* 105, 577-595.

Sepp, M., Palm, V., Leiro, A., Päädam, K., Truu, K. 2011. Effect of atmospheric circulation types on spring arrival of migratory birds and long-term trends in the first arrival dates in Estonia. *Est. J. Ecol.* 60, 111-131.

Tarand, A., Jaagus, J., Kallis, A. 2013. Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 631 lk.

Tomingas, O., Jaagus, J. 1999. Atmosfääri tsirkulatsiooni suuremõõtmelised kõikumised ja nende mõju avaldumine Eesti ilmastikus. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 85, 96-107.

Truija, V., Post, P., Tuulik, J. 2003. Atmosfääri tsirkulatsiooni sünoptiline klassifikatsioon Läänemere piirkonnas ning selle seosed Eesti sademete ja temperatuuriga. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 93, 102–113.

Tuulik, J., Post, P. 1999. Euroopa ilmapuustritega seotud õhumasside omaduste uurimise Eestis ja Kesk - Euroopas. *Publ. Inst. Geogr. Univ. Tartuensis.* 85, 144–155.

Tveito, O.E., Huth, R., Philipp, A., Post, P., Pasqui, M., Esteban, P., Beck, C., Demuzere, M., Prudhomme, C. 2016. COST Action 733. Harmonization and Application of Weather Type Classifications for European Regions. Final Scientific Report. 412 pp.

Yarnal, B., 1993. Synoptic climatology in environmental analysis. A primer. Belhaven Press, London. 195 pp.

Internetiallikad

http://cost733.met.no/about_cost733.htm - About COST733. [24. 04. 2017]

<http://cost733.geo.uni-augsburg.de/cost733wiki> - COST 733 Wiki - Harmonisation and Applications of Weather Type Classifications for European regions. [24. 04. 2017]

Ilmateenistus 2017 - <http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/ohutemperatuur/> [16. 05. 2017]

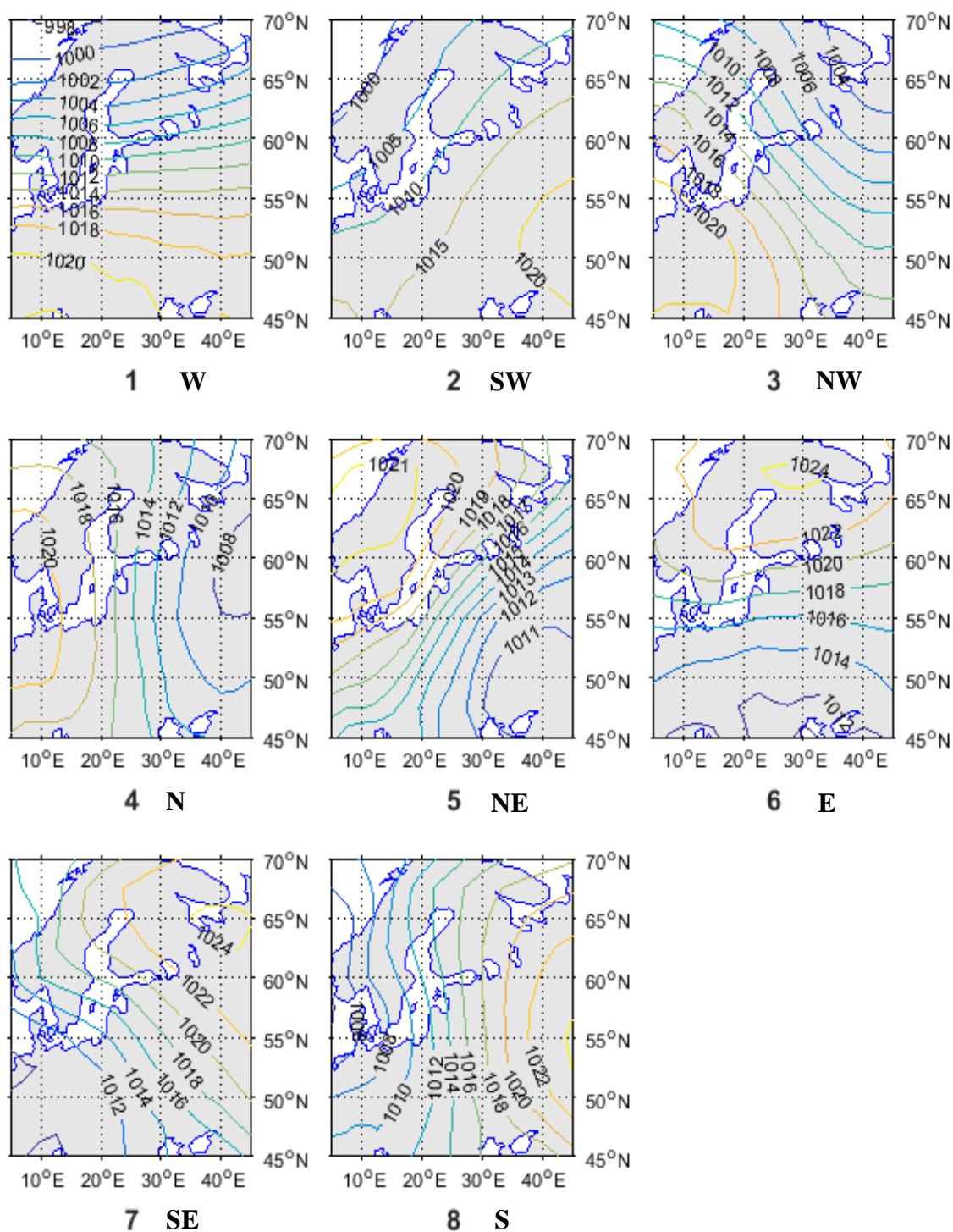
IPCC (2014) - https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf [24. 04. 2017]

<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201613> - State of the climate. [24. 04. 2017]

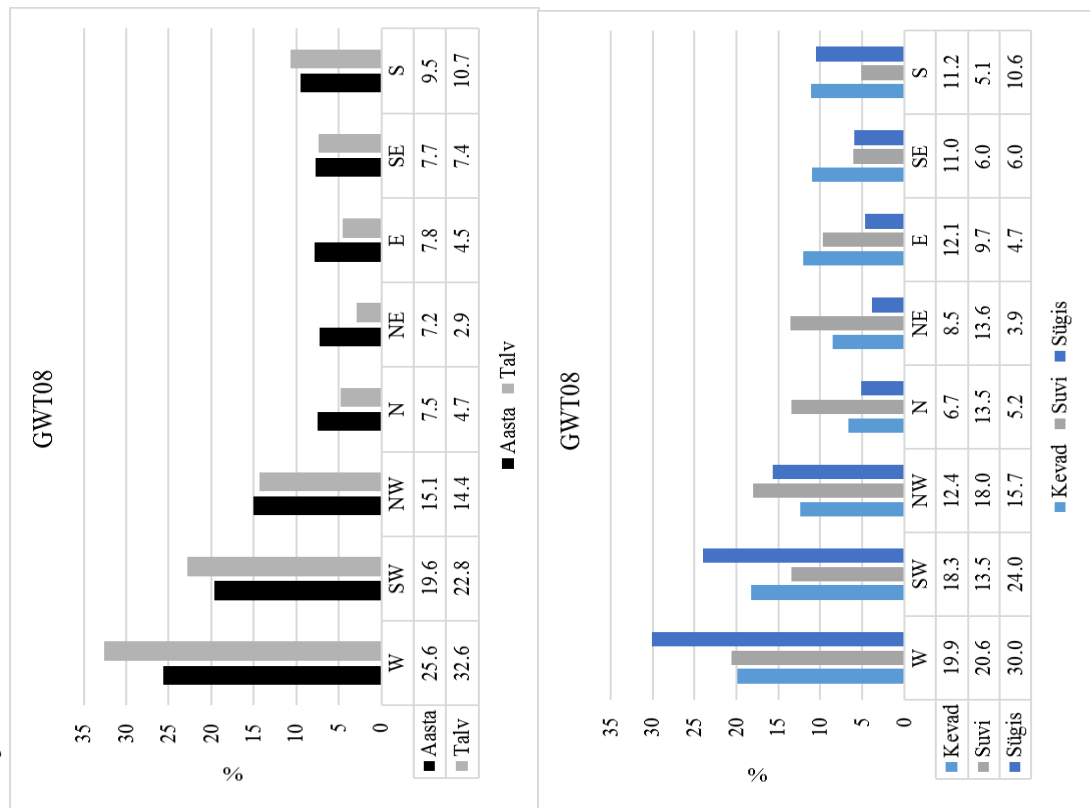
WMO 2017 - <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-confirms-2016-hottest-year-record-about-11%C2%B0C-above-pre-industrial-era> [24. 04. 2017]

Lisad

Lisa 1. GWT08 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

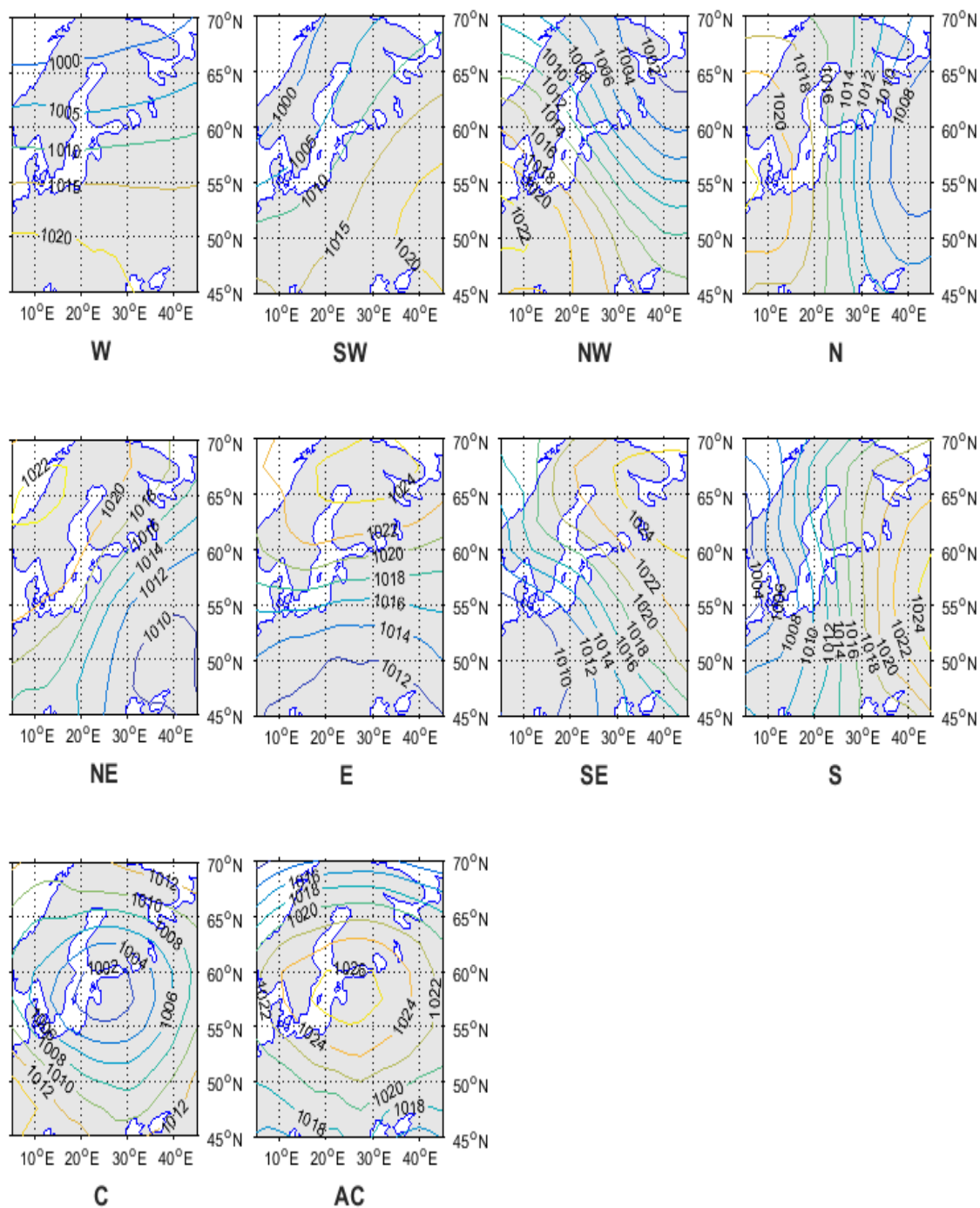


Lisa 2. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni GWT08 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksum kirjjas.

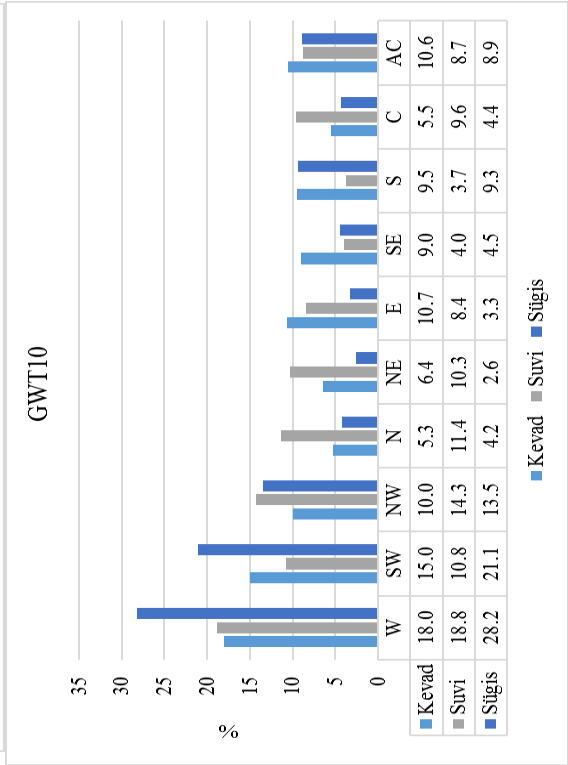
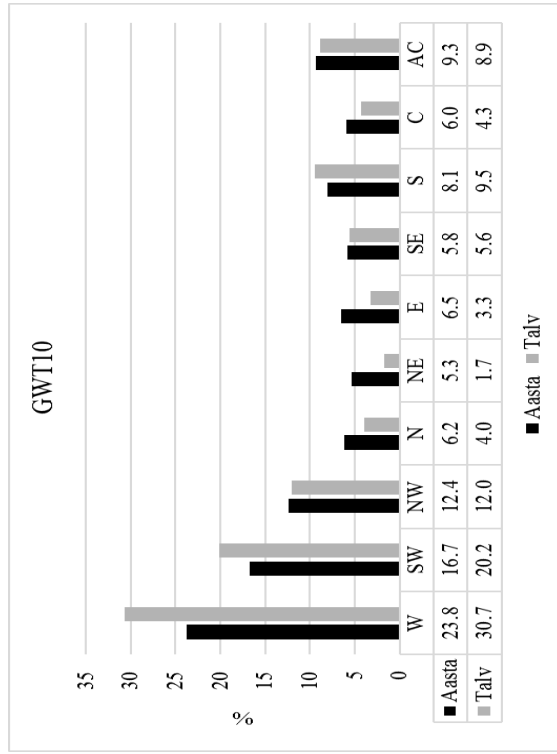


Jõhvi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1	1.2	2.9	0.7	0.0	0.7	1W	2	3.8	3	2.0	1	1.2	-3	2.0				
2	0.9	0.9	1.1	0.8	0.7	2SW	0	3.9	-2	1.4	-1	1.3	3	1.9				
3	-0.5	1.2	-0.9	-1.0	-1.2	3NW	0	3.4	9	1.5	4	1.3	-6	1.9				
4	-1.4	-1.7	-1.9	-0.9	-2.0	4N	2	5.1	3	1.1	-4	0.0	0	2.5				
5	-1.4	-4.9	-2.2	0.1	-2.2	5NE	1	3.7	-1	2.3	-5	0.9	2	1.9				
6	-1.1	-5.8	-1.1	1.6	-2.3	6E	0	3.2	-6	2.7	-1	2.1	2	0.3				
7	-0.5	-4.4	1.3	2.0	-1.6	7SE	2	-1.4	-3	3.0	4	0.8	2	2.6				
8	0.0	-2.0	1.5	1.7	-0.2	8S	-5	1.3	-2	2.0	2	0.2	0	0.7				
Vilsandi																		
Tüüp	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1	1.3	3.1	0.2	0.4	0.7	1W	2	2.7	3	2.2	1	1.6	-3	1.9				
2	0.8	1.3	0.3	0.8	0.6	2SW	0	3.0	-2	1.9	-1	2.0	3	2.1				
3	-0.1	1.6	-0.6	-0.3	-0.9	3NW	0	2.2	9	2.1	4	2.0	-6	1.9				
4	-1.0	-0.8	-1.3	-0.5	-2.1	4N	2	3.5	3	2.4	-4	1.2	0	2.4				
5	-1.0	-4.4	-1.6	0.5	-2.4	5NE	1	2.7	-1	3.1	-5	2.0	2	2.1				
6	-0.7	-5.5	-0.5	2.1	-2.4	6E	0	2.9	-6	2.9	-1	2.1	2	0.5				
7	-0.5	-4.0	0.9	2.5	-1.8	7SE	2	-0.5	-3	3.0	4	0.8	2	2.2				
8	-0.2	-1.6	0.7	1.7	-0.6	8S	-5	0.9	-2	2.3	2	1.3	0	0.9				
Türi																		
Tüüp	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1	1.2	3.0	0.4	-0.1	0.9	1W	2	3.7	3	2.0	1	1.2	-3	2.0				
2	0.8	1.0	0.9	0.5	0.8	2SW	0	3.7	-2	1.5	-1	1.6	3	1.9				
3	-0.6	0.8	-0.8	-0.8	-1.4	3NW	0	2.6	9	1.8	4	1.5	-6	1.7				
4	-1.5	-2.2	-1.7	-0.7	-2.5	4N	2	4.9	3	1.7	-4	0.4	0	2.6				
5	-1.3	-5.5	-1.9	0.3	-2.7	5NE	1	2.7	-1	2.5	-5	1.2	2	2.1				
6	-0.9	-6.0	-0.6	1.8	-2.3	6E	0	2.8	-6	3.1	-1	1.7	2	0.3				
7	-0.7	-4.7	1.1	2.0	-1.4	7SE	2	-1.3	-3	2.7	4	0.6	2	2.5				
8	-0.1	-2.0	1.2	1.6	-0.2	8S	-5	1.5	-2	1.7	2	0.0	0	0.2				

Lisa 3. GWT10 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.



Lisa 4. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni GWT10 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksus kirjas.

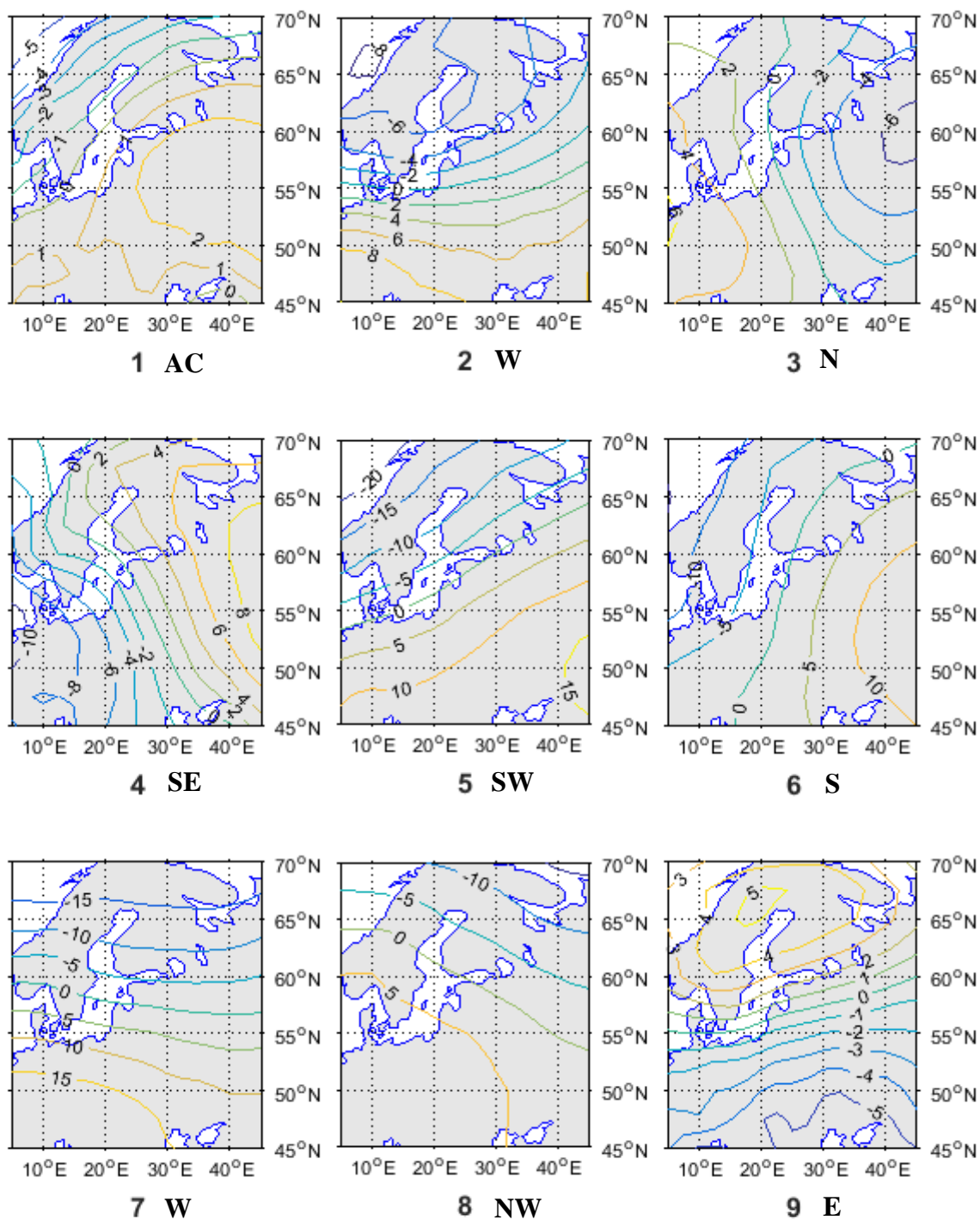


Jõhvi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp
1	1.4	3.2	0.7	0.0	0.8	1W	2	3.6	3	1.9	1	1.1	-3	2.1	1	1.1	-3	2.1
2	1.2	1.3	1.4	1.0	1.0	2SW	1	4.0	-2	1.2	-1	1.5	1	1.9	1	1.5	1	1.9
3	-0.4	1.6	-0.9	-1.0	-1.2	3NW	0	2.8	7	1.5	4	1.1	-6	1.6	1	1.1	-6	1.6
4	-1.4	-1.3	-2.0	-1.0	-1.9	4N	1	6.2	3	1.1	-4	0.0	0	2.5	1	1.1	-4	0.0
5	-1.4	-5.5	-2.4	0.1	-2.2	5NE	1	3.8	-1	2.2	-4	1.3	1	1.0	1	1.3	-4	1.0
6	-1.1	-6.4	-1.2	1.6	-2.4	6E	0	3.4	-6	2.5	0	1.6	2	-1.7	0	1.6	0	1.6
7	-0.2	-4.1	1.5	2.4	-1.4	7SE	2	-0.6	-3	2.6	3	1.0	1	2.3	2	1.0	1	2.3
8	0.3	-1.8	1.9	2.0	0.0	8S	-4	-0.3	-2	2.2	1	0.2	-1	1.0	-4	0.2	-1	1.0
9	-0.6	-0.1	-0.6	-0.5	-1.1	9C	-1	3.8	0	1.6	-1	0.9	0	2.4	-1	0.9	0	2.4
10	-1.5	-4.3	-0.7	0.9	-1.9	10AC	-3	0.5	1	2.6	-1	0.5	5	2.5	-3	0.5	5	2.5

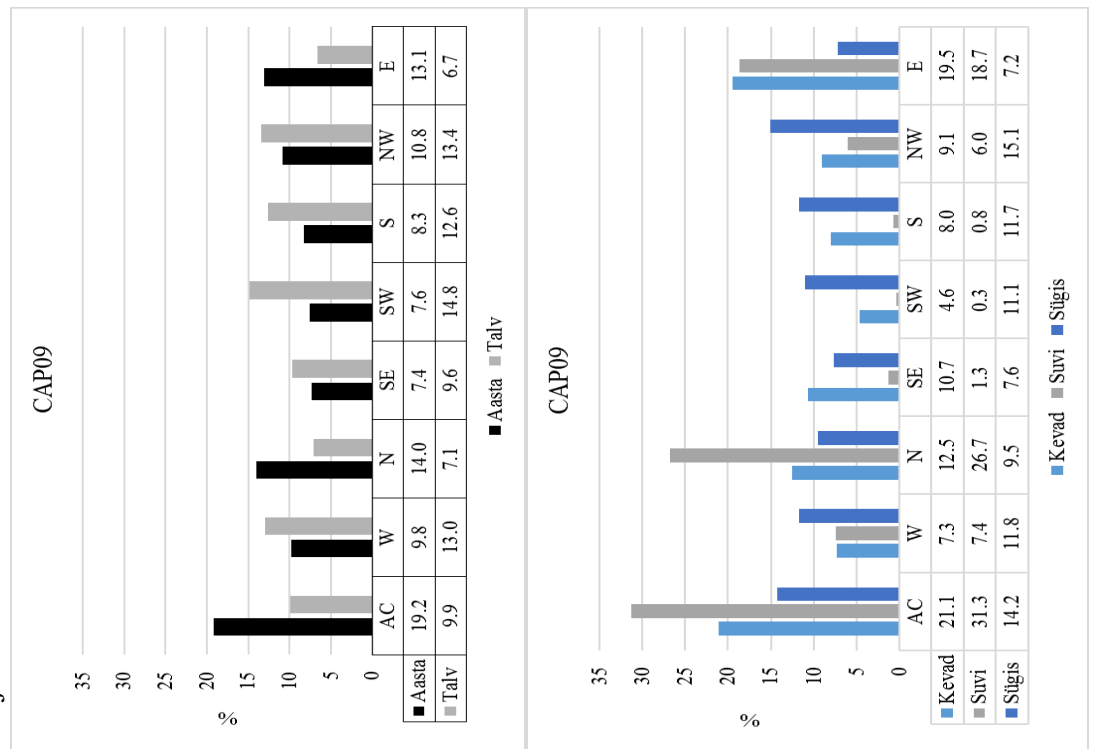
Vilsandi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp
1	1.4	3.3	0.3	0.5	0.9	1W	2	2.4	3	2.1	1	1.7	-3	1.9	1	1.7	-3	1.9
2	1.0	1.6	0.4	0.9	0.9	2SW	1	2.9	-2	1.7	-1	2.4	1	2.1	1	2.4	1	2.1
3	0.0	2.0	-0.5	-0.4	-0.9	3NW	0	1.8	7	2.1	4	1.6	-6	1.6	0	1.6	-6	1.6
4	-1.0	-0.6	-1.3	-0.5	-2.0	4N	1	4.0	3	2.6	-4	1.0	0	2.4	1	1.0	0	2.4
5	-1.0	-4.9	-1.7	0.5	-2.6	5NE	1	2.9	-1	3.1	-4	2.2	1	1.3	1	2.2	1	1.3
6	-0.6	-5.8	-0.5	2.1	-2.4	6E	0	2.9	-6	2.6	0	1.7	2	-1.3	0	1.7	2	-1.3
7	-0.3	-3.9	1.1	3.0	-1.6	7SE	2	0.4	-3	2.7	3	1.5	1	2.1	2	1.5	1	2.1
8	0.0	-1.4	1.0	1.9	-0.4	8S	-4	0.0	-2	2.5	1	1.4	-1	1.0	-4	1.4	-1	1.0
9	-0.8	-0.5	-1.1	-0.5	-1.6	9C	-1	3.6	0	3.2	-1	1.4	0	2.5	-1	1.4	0	2.5
10	-0.9	-3.1	-0.5	1.7	-1.6	10AC	-3	0.4	1	2.7	-1	1.6	5	3.1	-3	1.6	5	3.1

Türi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp
1	1.4	3.3	0.5	-0.1	1.0	1W	2	3.3	3	1.8	1	1.2	-3	2.0	1	1.2	-3	2.0
2	1.2	1.5	1.1	0.7	1.2	2SW	1	3.9	-2	1.2	-1	1.8	1	2.0	1	1.8	1	2.0
3	-0.5	1.3	-0.8	-0.9	-1.4	3NW	0	1.9	7	1.9	4	1.2	-6	1.3	0	1.2	-6	1.3
4	-1.5	-1.9	-1.9	-0.8	-2.6	4N	1	5.9	3	1.8	-4	0.3	0	2.0	1	1.8	-4	0.3
5	-1.3	-6.2	-2.0	0.3	-2.8	5NE	1	3.2	-1	2.6	-4	1.6	1	0.7	1	3.2	-1	2.6
6	-0.9	-6.5	-0.7	1.9	-2.5	6E	0	2.7	-6	2.9	0	1.3	2	-1.7	0	2.7	-6	2.9
7	-0.3	-4.3	1.3	2.5	-1.1	7SE	2	-0.6	-3	2.4	3	1.1	1	2.2	2	-0.6	-3	2.4
8	0.2	-1.7	1.5	1.8	0.0	8S	-4	-0.3	-2	1.9	1	0.3	-1	0.6	-4	-0.3	-2	1.9
9	-0.8	0.0	-0.9	-0.8	-1.2	9C	-1	4.2	0	1.8	-1	1.0	0	2.6	-1	4.2	0	1.8
10	-1.5	-4.8	-0.4	1.3	-2.2	10AC	-3	-0.1	1	2.7	-1	0.7	5	3.3	-3	-0.1	1	2.7

Lisa 5. CAP09 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

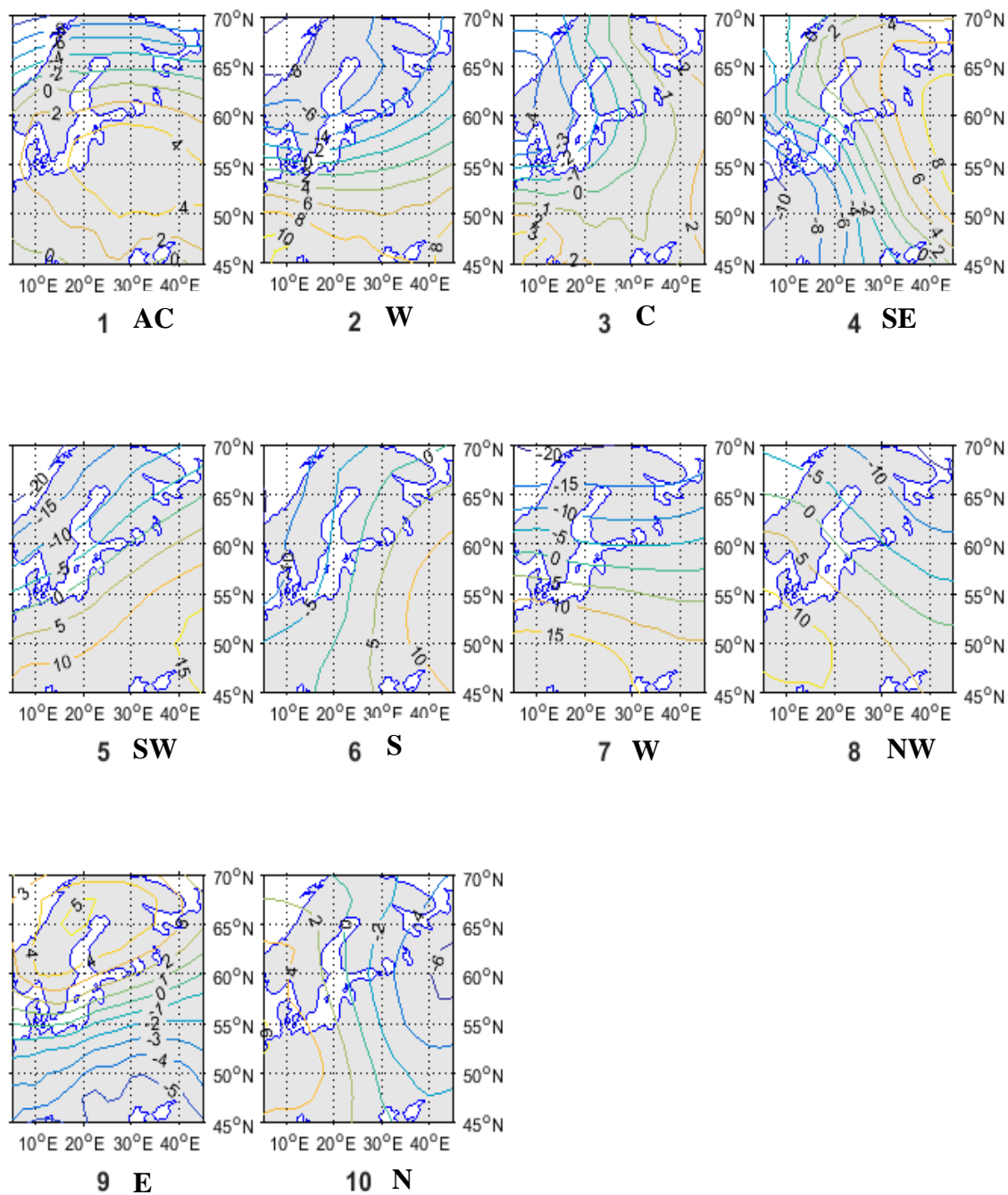


Lisa 6. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni CAP09 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksum kirjjas.

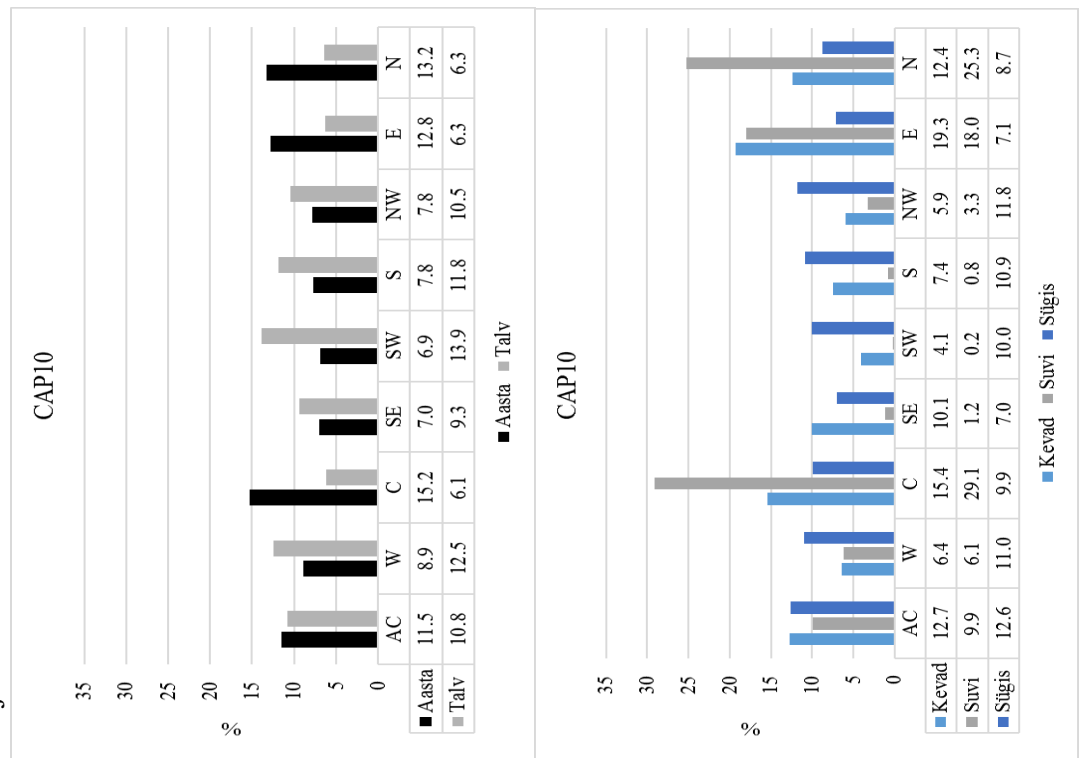


Jõhvi		Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp
1	1	0.0	-3.1	0.5	1.1	-1.1	1AC	-5	4.8	2	1.7	7	1.0	4
2	2	1.4	3.4	0.8	-0.4	0.7	2W	4	3.5	2	2.7	1	1.6	-5
3	3	-1.7	-2.2	-2.2	-1.3	-2.1	3N	1	5.1	7	1.0	-6	0.2	0
4	4	-0.9	-4.0	1.6	3.1	-1.2	4SE	0	-1.3	-4	2.9	1	1.1	1
5	5	2.8	3.5	2.0	1.7	2.1	5SW	5	2.2	-2	0.4	0	-0.1	2
6	6	0.8	0.0	1.6	2.1	1.0	6S	-3	1.6	-2	0.4	0	0.9	-3
8	8	-0.1	1.0	-0.1	-0.8	-0.8	8NW	-3	-0.9	6	1.1	1	0.3	-3
9	9	-1.1	-5.8	-1.3	1.2	-2.3	9E	1	2.4	-7	2.5	-4	1.6	4
Vilsandi														
Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp
1	1	0.1	-2.2	0.0	1.3	-0.9	1AC	-5	2.8	2	2.1	7	1.7	4
2	2	1.3	3.3	0.3	0.0	0.7	2W	4	2.8	2	2.5	1	1.9	-5
3	3	-1.2	-1.1	-1.6	-0.7	-2.1	3N	1	3.7	7	2.5	-6	1.3	0
4	4	-1.0	-3.5	1.1	3.9	-1.5	4SE	0	-0.1	-4	2.4	1	1.2	1
5	5	2.5	3.6	1.2	0.9	1.8	5SW	5	1.3	-2	1.3	0	0.3	2
6	6	0.4	0.1	0.7	1.6	0.4	6S	-3	0.7	-2	1.6	0	1.2	-3
8	8	0.4	1.7	0.0	-0.2	-0.4	8NW	-3	0.5	6	1.5	1	0.5	-3
9	9	-0.7	-5.4	-0.8	1.7	-2.4	9E	1	2.2	-7	3.0	-4	2.0	4
Türi														
Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp	Tüüp
1	1	-0.1	-3.4	0.5	1.1	-1.2	1AC	-5	4.0	2	1.7	7	1.2	4
2	2	1.3	3.5	0.4	-0.9	0.9	2W	4	3.3	2	2.5	1	1.8	-5
3	3	-1.8	-2.6	-2.1	-1.1	-2.6	3N	1	5.0	7	1.5	-6	0.5	0
4	4	-1.0	-4.1	1.2	3.3	-0.9	4SE	0	-0.9	-4	2.3	1	1.0	1
5	5	2.9	3.7	1.8	1.3	2.4	5SW	5	1.8	-2	0.0	0	-0.1	2
6	6	0.7	0.0	1.2	1.8	1.0	6S	-3	1.3	-2	0.3	0	1.0	-3
8	8	-0.2	0.7	-0.1	-0.9	-0.9	8NW	-3	-1.3	6	1.0	1	0.0	-3
9	9	-0.9	-6.2	-0.9	1.5	-2.5	9E	1	1.9	-7	2.9	-4	1.4	4

Lisa 7. CAP10 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

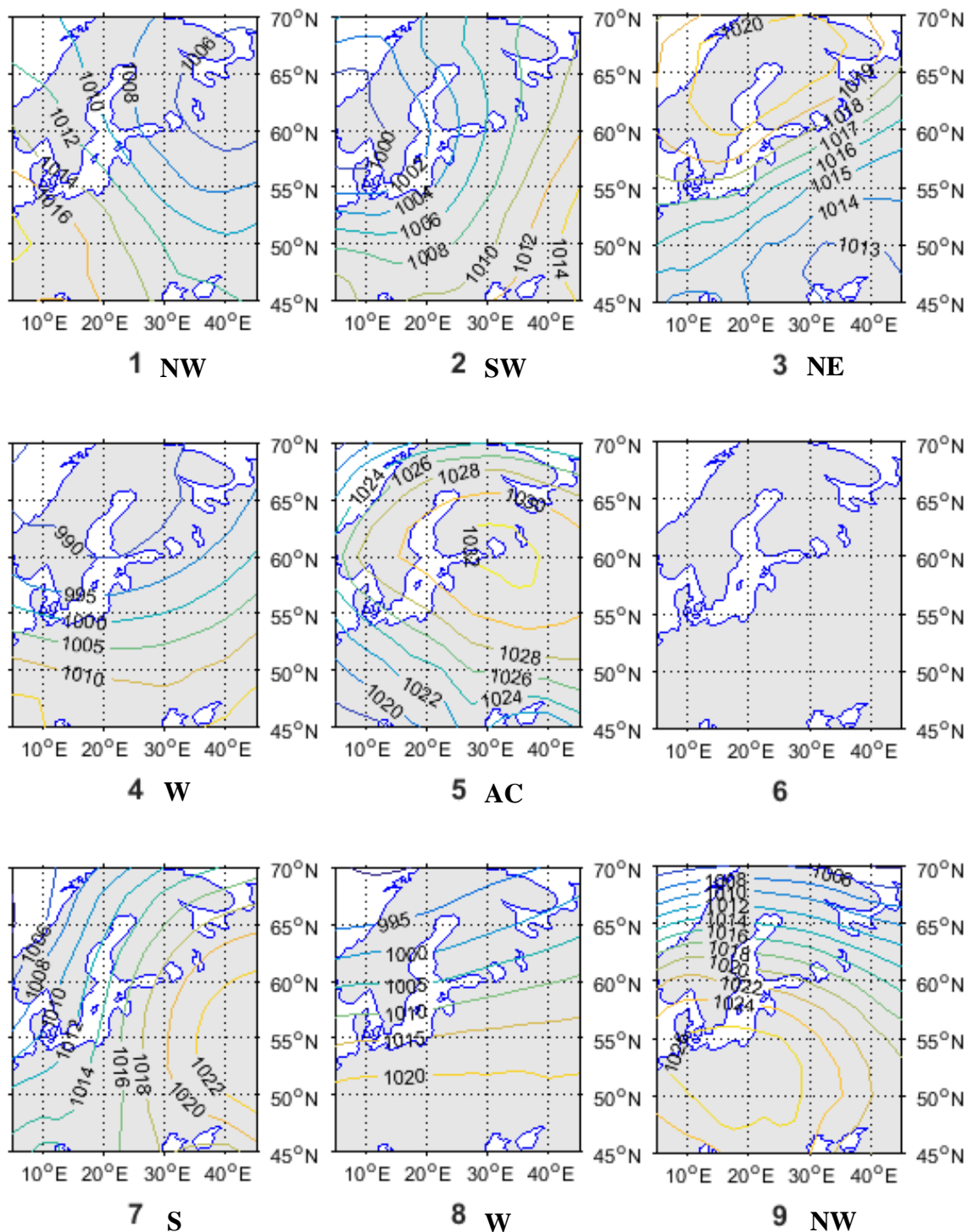


Lisa 8. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni CAP10 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksum kirjjas.

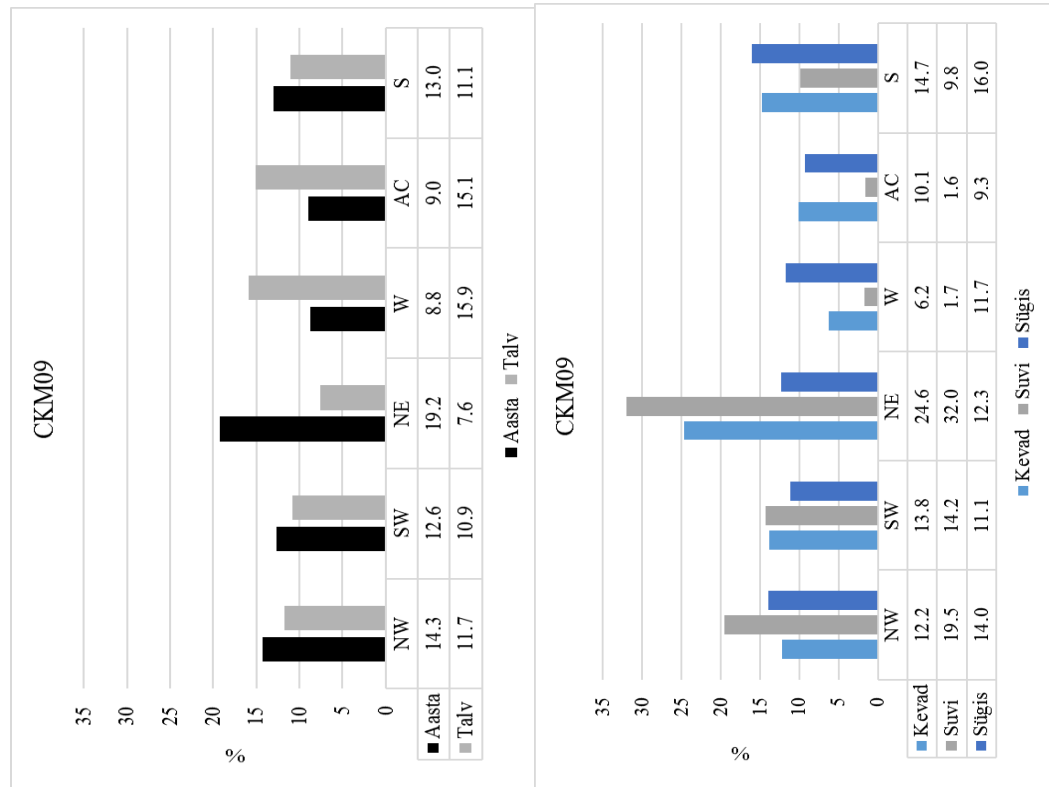


Jõhvi																
Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis			Talv	Kevad	Suvi	Sügis		Talv	Kevad	Suvi	Sügis
1	-0.4	-2.2	0.3	1.1	-0.8	1AC		-4	0.9	1	1.5	0	1.6	2	1.6	
2	1.6	3.6	1.0	-0.4	0.9	2W		4	3.7	1	2.7	0	1.8	-3	2.3	
3	0.2	-2.2	0.6	0.7	-0.7	3C		-3	6.1	1	1.8	7	0.8	2	2.0	
4	-1.2	-4.4	1.5	3.5	-1.5	4SE		-1	-1.6	-5	3.2	2	0.6	1	1.6	
5	2.8	3.6	2.1	1.9	2.2	5SW		6	2.2	-2	0.2	0	-0.5	2	0.5	
6	0.8	-0.1	1.7	2.3	1.0	6S		-2	1.7	-2	1.0	0	0.7	-2	1.1	
8	0.0	1.9	-0.2	-1.6	-1.0	8NW		-1	0.1	5	1.3	1	0.4	-4	2.5	
9	-1.1	-5.8	-1.3	1.2	-2.3	9E		0	1.8	-7	2.1	-4	1.6	4	0.6	
10	-1.7	-2.3	-2.2	-1.2	-2.1	10N		1	4.3	7	1.1	-6	0.6	-1	2.7	
Vilsandi																
Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis			Talv	Kevad	Suvi	Sügis		Talv	Kevad	Suvi	Sügis
1	-0.1	-1.1	-0.2	1.5	-0.3	1AC		-4	1.3	1	1.9	0	2.2	2	2.1	
2	1.5	3.4	0.5	0.0	0.8	2W		4	2.7	1	2.4	0	2.1	-3	2.0	
3	0.1	-1.7	-0.1	0.8	-0.8	3C		-3	4.3	1	2.2	7	1.5	2	2.1	
4	-1.1	-3.8	1.1	4.6	-1.7	4SE		-1	-0.6	-5	2.6	2	0.2	1	1.2	
5	2.6	3.6	1.2	1.0	1.8	5SW		6	1.2	-2	1.4	0	-0.2	2	1.2	
6	0.4	0.1	0.8	1.8	0.4	6S		-2	0.9	-2	2.0	0	1.1	-2	1.5	
8	0.4	2.4	0.2	-0.9	-0.7	8NW		-1	0.6	5	2.0	1	0.6	-4	2.0	
9	-0.7	-5.4	-0.8	1.7	-2.4	9E		0	1.9	-7	2.7	-4	2.1	4	0.7	
10	-1.1	-1.0	-1.5	-0.6	-2.0	10N		1	2.2	7	2.2	-6	1.5	-1	2.5	
Türi																
Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis			Talv	Kevad	Suvi	Sügis		Talv	Kevad	Suvi	Sügis
1	-0.5	-2.5	0.3	1.2	-0.9	1AC		-4	0.7	1	1.7	0	1.5	2	1.6	
2	1.6	3.7	0.6	-0.7	1.1	2W		4	3.5	1	2.4	0	2.0	-3	2.2	
3	0.1	-2.2	0.5	0.6	-0.7	3C		-3	5.6	1	1.8	7	1.0	2	2.2	
4	-1.2	-4.5	1.2	3.7	-1.2	4SE		-1	-1.3	-5	2.5	2	0.4	1	1.3	
5	3.0	3.8	1.8	1.3	2.5	5SW		6	1.6	-2	0.0	0	-0.5	2	0.3	
6	0.7	0.0	1.3	2.0	1.0	6S		-2	1.5	-2	0.9	0	0.8	-2	0.9	
8	-0.2	1.6	-0.2	-1.8	-1.2	8NW		-1	0.0	5	1.6	1	0.4	-4	2.5	
9	-0.9	-6.2	-0.9	1.5	-2.5	9E		0	1.3	-7	2.6	-4	1.4	4	0.4	
10	-1.7	-2.6	-2.1	-1.0	-2.6	10N		1	3.8	7	1.5	-6	1.0	-1	2.6	

Lisa 9. CKM09 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

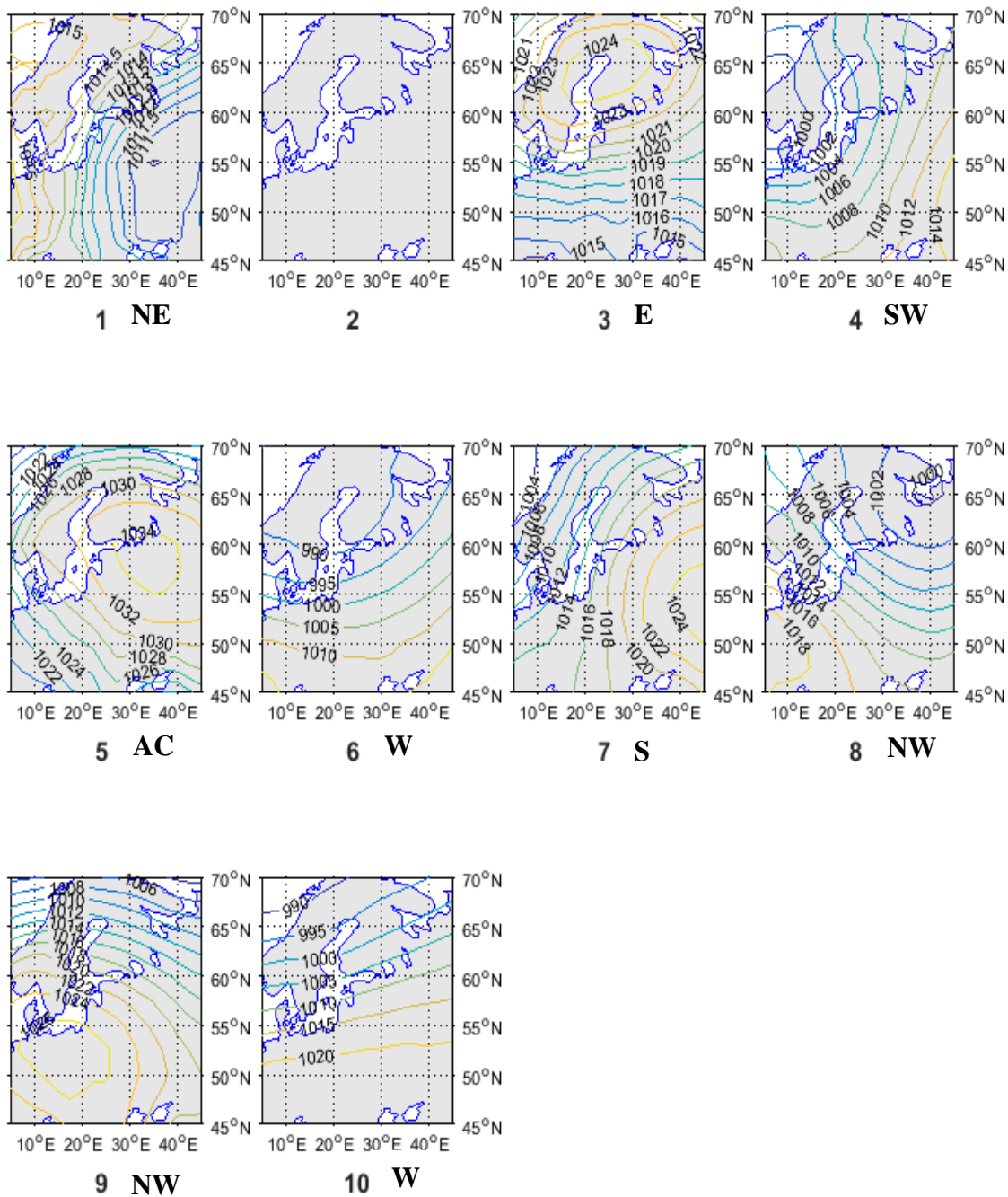


Lisa 10. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni CKM09 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksus kirjas.

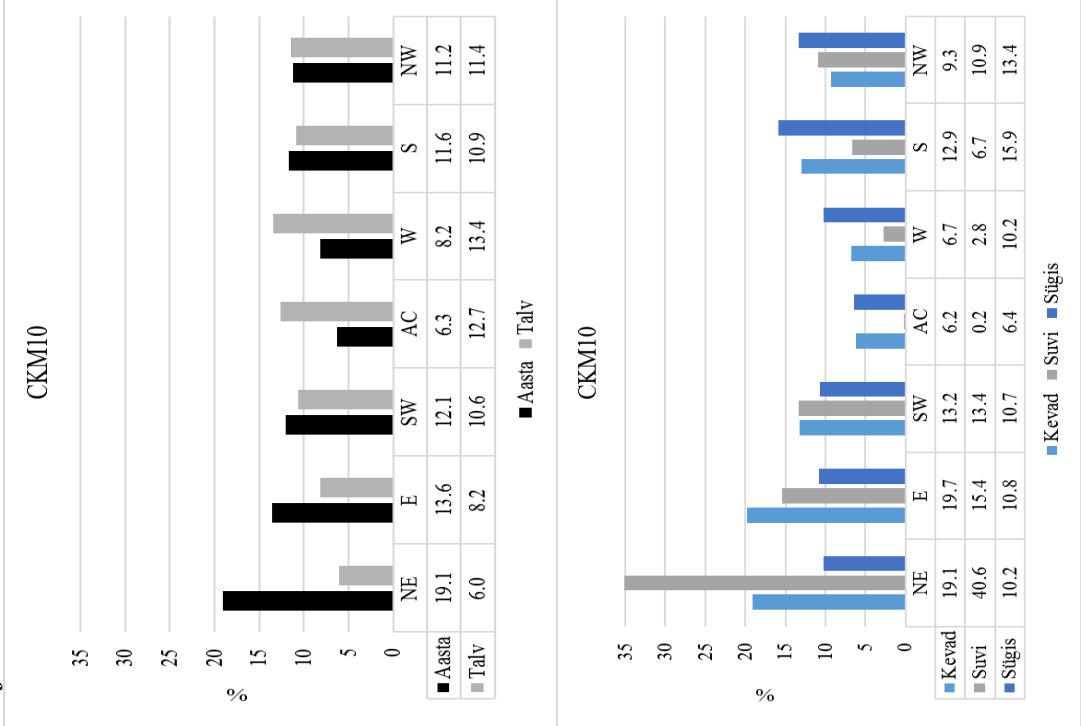


Jõhvi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp
1	1	-0.6	0.4	-0.8	-0.7	-0.9	1NW	-2	2.7	11	1.0	4	0.9	-4	1.9	2.3	2	2.3
2	2	0.1	-0.8	0.6	0.3	0.3	2SW	2	2.3	-2	1.7	0	1.1	-1	2.3	2.3	2	2.3
3	3	-0.5	-4.0	-0.7	0.8	-1.6	3NE	2	2.9	-7	1.8	-2	1.8	2	1.2	2.3	2	2.3
4	4	2.4	3.9	1.2	-0.4	1.3	4W	6	3.4	1	1.9	-1	2.2	-1	1.8	2.3	2	2.3
5	5	-2.0	-3.5	-0.5	1.7	-1.9	5AC	-3	0.3	-3	3.6	-2	-0.8	5	1.9	2.3	2	2.3
7	7	0.6	-1.2	1.7	1.7	0.3	7S	-5	2.2	-1	1.2	2	1.4	-1	1.4	2.3	2	2.3
Vilsandi																		
Türi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp
1	1	-0.1	1.1	-0.7	-0.2	-0.5	1NW	-2	2.0	11	1.8	4	1.6	-4	1.9	2.3	2	2.3
2	2	0.0	-0.3	0.0	0.4	-0.1	2SW	2	1.5	-2	2.0	0	1.9	-1	2.5	2.3	2	2.3
3	3	-0.4	-3.5	-0.4	1.3	-1.8	3NE	2	2.6	-7	2.3	-2	2.3	2	1.5	2.3	2	2.3
4	4	2.1	3.6	0.9	0.0	1.1	4W	6	2.3	1	1.8	-1	1.5	-1	1.6	2.3	2	2.3
5	5	-1.6	-2.7	-0.5	2.3	-1.9	5AC	-3	0.5	-3	3.5	-2	0.7	5	2.0	2.3	2	2.3
7	7	0.5	-0.8	0.9	1.8	0.2	7S	-5	2.1	-1	1.8	2	2.0	-1	1.8	2.3	2	2.3
Türi																		
Türi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp
1	1	-0.6	0.1	-0.8	-0.7	-0.9	1NW	-2	2.6	11	0.6	4	1.0	-4	1.6	2.3	2	2.3
2	2	0.0	-0.5	0.3	-0.1	0.3	2SW	2	2.0	-2	0.3	0	1.4	-1	2.8	2.3	2	2.3
3	3	-0.4	-4.4	-0.4	1.1	-1.8	3NE	2	2.4	-7	1.9	-2	1.8	2	1.1	2.3	2	2.3
4	4	2.4	4.1	0.9	-0.7	1.6	4W	6	2.9	1	2.0	-1	2.0	-1	1.8	2.3	2	2.3
5	5	-2.1	-3.7	-0.3	2.2	-2.1	5AC	-3	0.1	-3	-0.6	-2	-0.5	5	2.3	2.3	2	2.3
7	7	0.6	-1.2	1.6	1.6	0.4	7S	-5	2.3	-1	1.4	2	1.5	-1	1.5	2.3	2	2.3

Lisa 11. CKM10 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

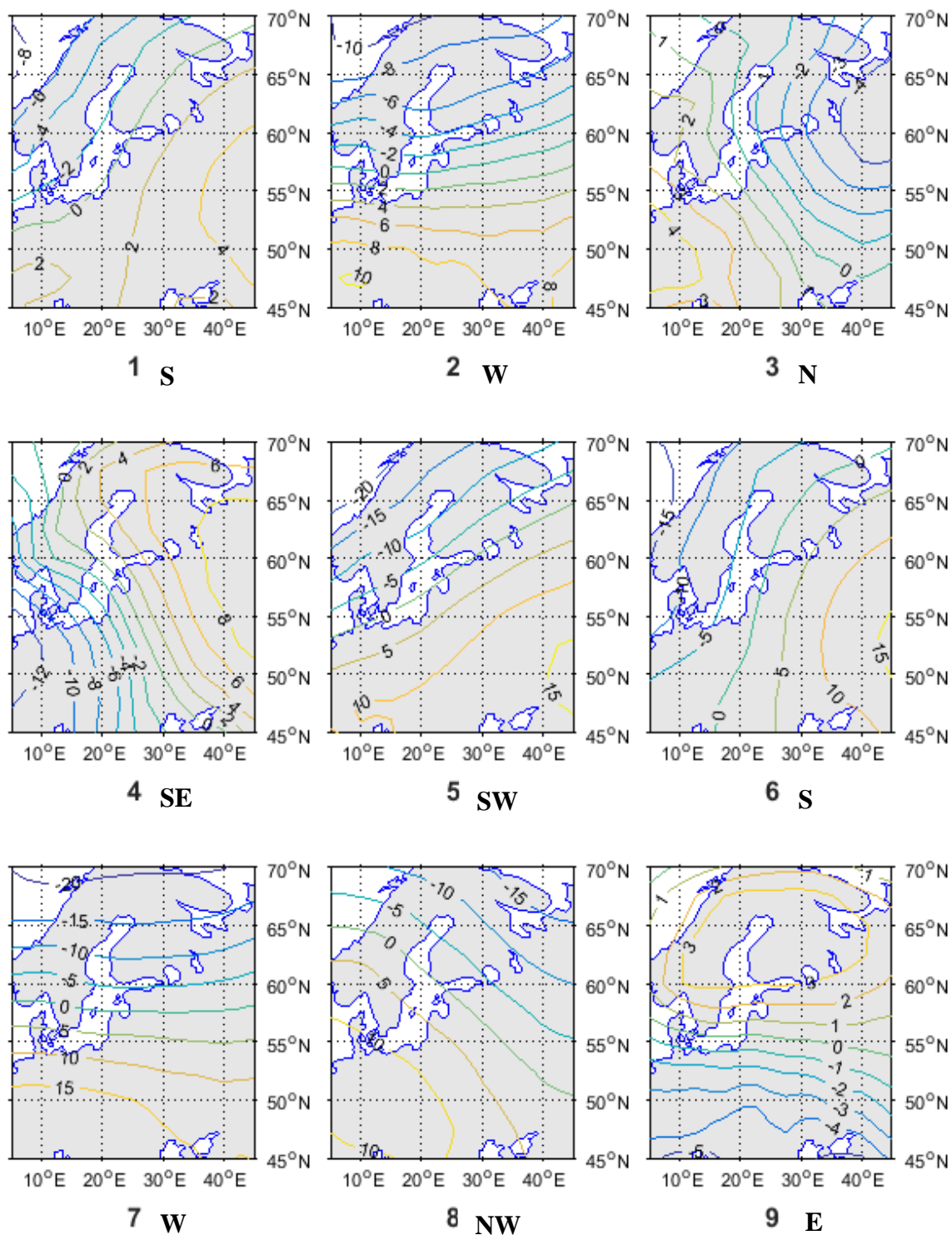


Lisa 12 Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni CKM10 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksus kirjas.

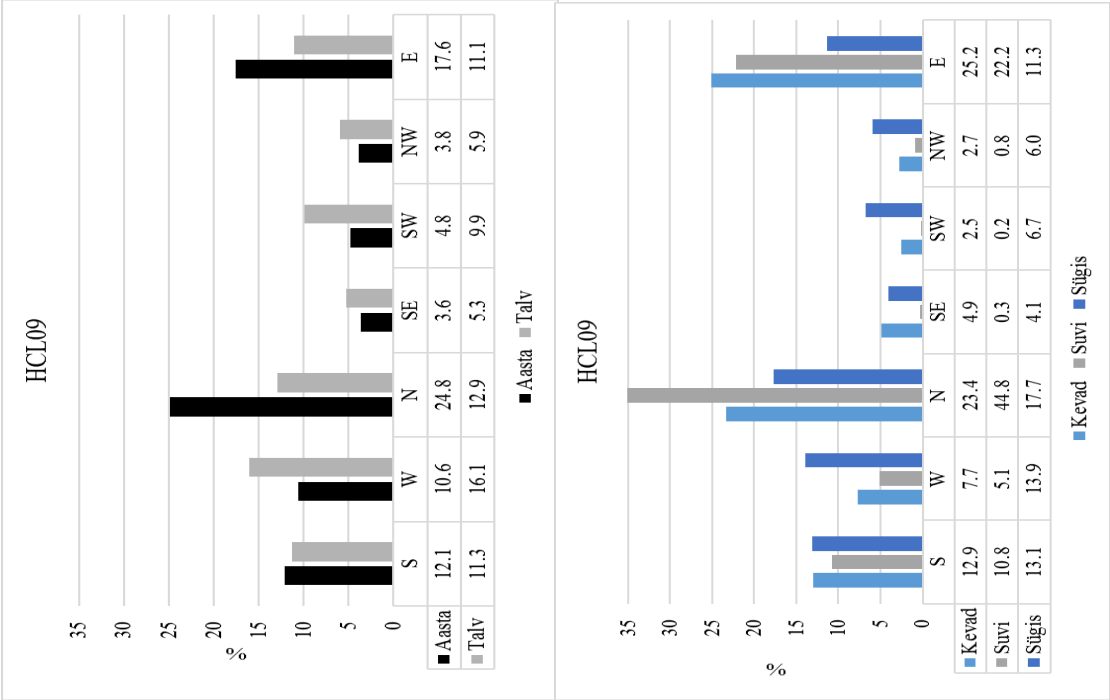


Jõhvi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1	-0.8	1.3	0.1	1.9	1.3	0.1	1.9	1.3	0.1	1.9
3	-0.7	1.3	0.1	1.9	1.3	0.1	1.9	1.3	0.1	1.9
4	0.2	0.7	0.3	0.4	0.7	0.3	0.4	0.7	0.3	0.4
5	-2.3	0.8	2.3	-2.0	0.8	2.3	-2.0	0.8	2.3	-2.0
6	2.7	1.4	0.4	1.6	1.4	0.4	1.6	1.4	0.4	1.6
7	0.7	1.7	1.7	0.4	1.7	1.7	0.4	1.7	1.7	0.4
8	-0.1	1.2	-0.2	-0.6	1.2	-0.2	-0.6	1.2	-0.2	-0.6
Vilsandi										
Tüüp	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1	-0.5	1.0	0.5	-2.0	1.0	0.5	-2.0	1.0	0.5	-2.0
3	-0.4	0.1	1.7	-1.7	0.1	1.7	-1.7	0.1	1.7	-1.7
4	0.0	0.1	0.3	0.0	0.1	0.3	0.0	0.1	0.3	0.0
5	-1.9	0.9	2.4	-1.9	0.9	2.4	-1.9	0.9	2.4	-1.9
6	2.4	1.0	0.3	1.3	1.0	0.3	1.3	1.0	0.3	1.3
7	0.6	0.8	1.9	0.4	0.8	1.9	0.4	0.8	1.9	0.4
8	0.2	0.1	0.0	-0.2	0.1	0.0	-0.2	0.1	0.0	-0.2
Türi										
Tüüp	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1	-0.7	1.1	0.3	-2.1	1.1	0.3	-2.1	1.1	0.3	-2.1
3	-0.6	0.0	1.5	-1.7	0.0	1.5	-1.7	0.0	1.5	-1.7
4	0.0	0.4	-0.1	0.5	0.4	-0.1	0.5	0.4	-0.1	0.5
5	-2.5	0.7	2.9	-2.3	0.7	2.9	-2.3	0.7	2.9	-2.3
6	2.7	1.0	0.0	1.8	1.0	0.0	1.8	1.0	0.0	1.8
7	0.6	1.5	1.6	0.6	1.5	1.6	0.6	1.5	1.6	0.6
8	-0.2	0.3	-1.0	-0.6	0.3	-1.0	-0.6	0.3	-1.0	-0.6

Lisa 13. HCL09 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

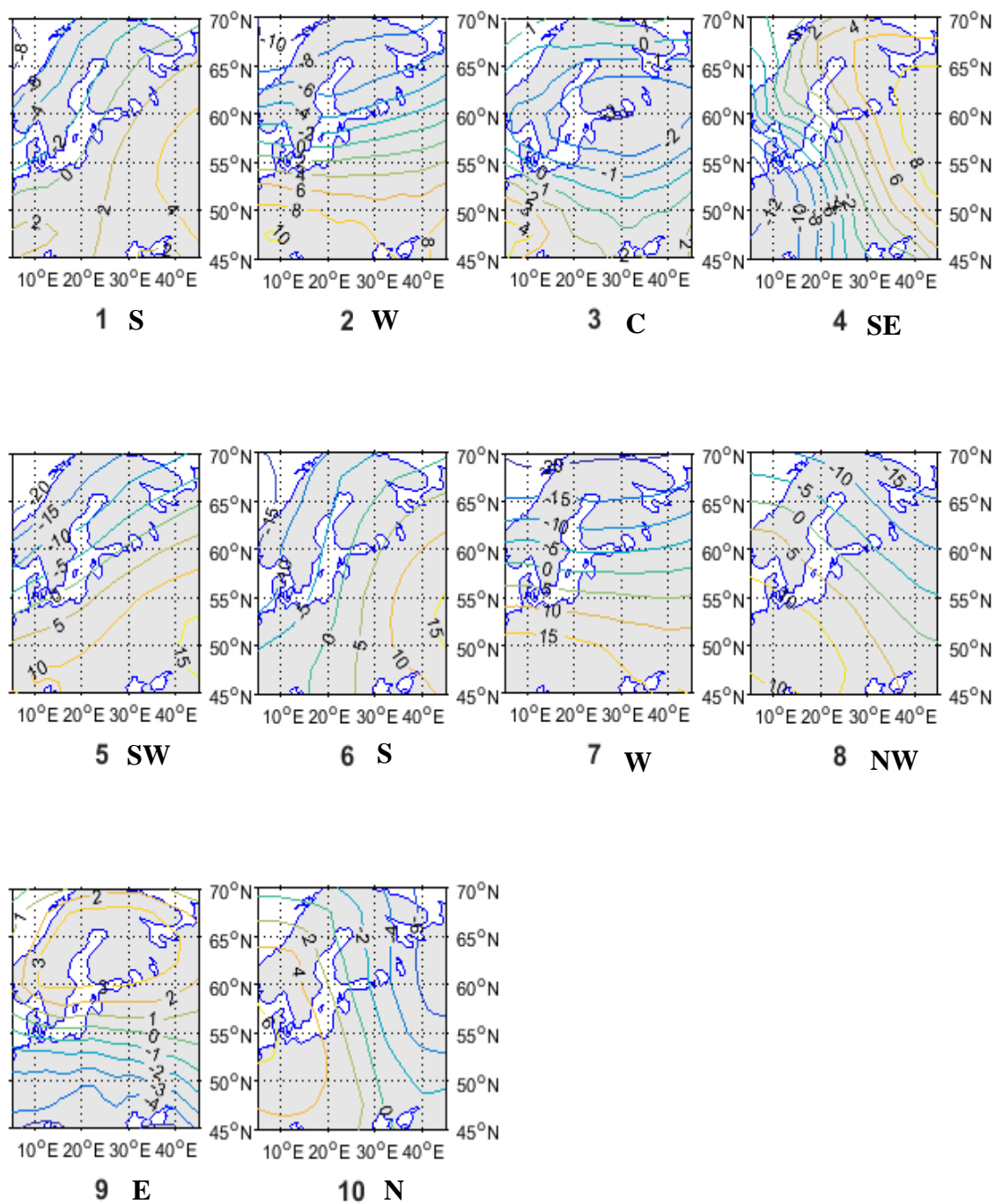


Lisa 14. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni HCL09 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksus kirjas.

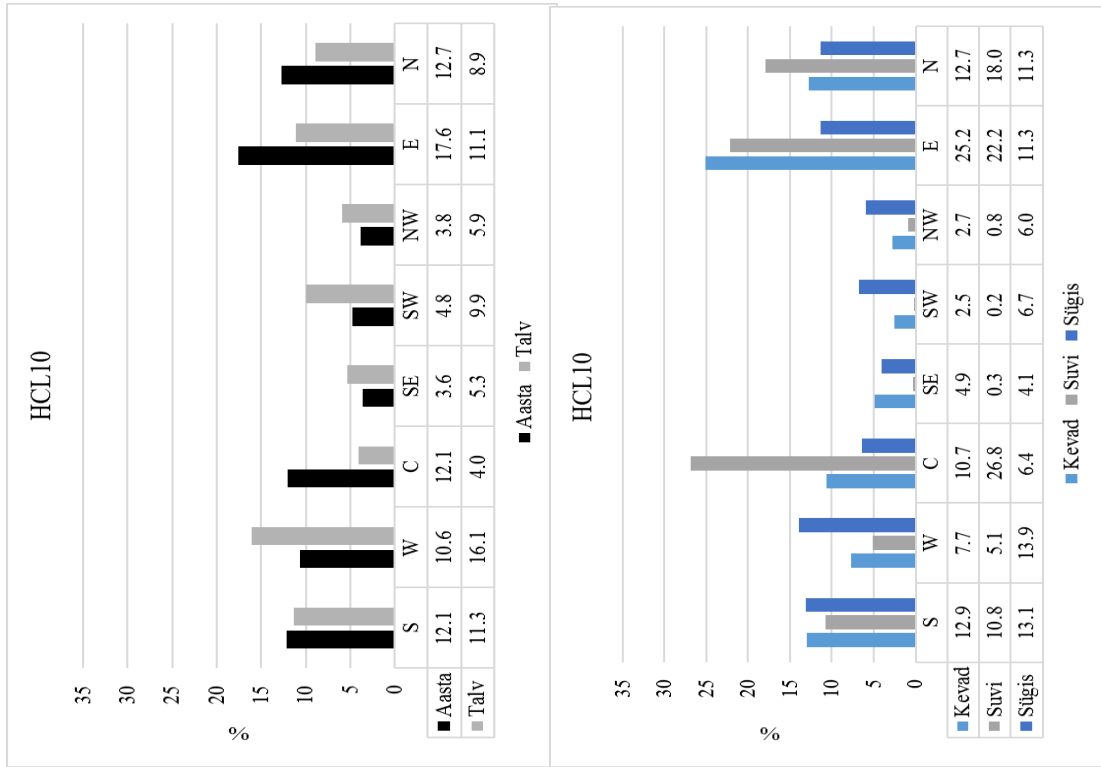


Jõhvi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1		0.4	-1.0	1.2	1.2	0.2	1.5	1.7	2.2	-3	1.7	-2	1.6	-2	1.8	1.8	1.8	1.8
2		1.6	3.2	0.9	-0.4	0.8	2 W	1.6	3.2	5	1.6	0	1.0	-2	2.4	2.4	2.4	2.4
3		-1.0	-2.5	-0.8	-0.5	-1.4	3 N	1.2	3.9	6	1.2	2	1.1	1	1.6	1.6	1.6	1.6
4		-1.0	-2.5	0.4	2.0	-1.0	4 SE	1.7	-1.0	-3	2.6	0	0.1	1	1.0	1.0	1.0	1.0
5		2.4	3.2	1.6	1.3	1.7	5 SW	1.7	2.4	-1	0.5	0	0.0	0	0.5	0.5	0.5	0.5
8		0.3	1.3	0.5	-1.2	-0.5	8 NW	-0.5	-0.3	3	1.5	0	0.0	-2	1.8	1.8	1.8	1.8
9		-0.5	-4.0	-0.2	1.0	-1.0	9 E	-1.0	2.0	-6	2.8	-1	1.3	4	1.0	1.0	1.0	1.0
Vilsandi																		
Türi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1		0.2	-0.5	0.3	1.2	0.1	1.5	1.6	1.6	-3	2.0	-2	2.2	-2	2.0	2.0	2.0	2.0
2		1.6	3.2	0.6	0.1	0.8	2 W	1.6	3.2	5	2.0	0	1.8	-2	2.1	2.1	2.1	2.1
3		-0.8	-0.9	-1.2	-0.3	-1.7	3 N	-1.7	2.8	6	2.3	2	1.9	1	1.8	1.8	1.8	1.8
4		-1.3	-3.4	1.2	5.0	-1.9	4 SE	-1.9	-0.7	-3	2.2	0	0.4	1	1.1	1.1	1.1	1.1
5		2.6	3.6	1.0	1.3	1.8	5 SW	1.8	1.2	-1	0.7	0	0.0	0	1.1	1.1	1.1	1.1
8		1.1	3.1	0.7	-1.2	-0.2	8 NW	-0.2	2.0	3	1.1	0	0.6	-2	1.7	1.7	1.7	1.7
9		-0.6	-4.8	-0.3	2.0	-2.0	9 E	-2.0	2.0	-6	3.1	-1	1.8	4	1.1	1.1	1.1	1.1
Türi																		
Türi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1		0.3	-0.9	0.9	1.0	0.2	1.5	1.6	2.1	-3	1.7	-2	1.9	-2	1.8	1.8	1.8	1.8
2		1.6	3.3	0.6	-0.5	1.0	2 W	1.0	3.0	5	1.6	0	1.0	-2	2.3	2.3	2.3	2.3
3		-1.3	-2.1	-1.5	-0.8	-2.1	3 N	-2.1	3.7	6	1.7	2	1.3	1	1.5	1.5	1.5	1.5
4		-1.4	-3.9	1.1	3.1	-1.6	4 SE	-1.6	-1.0	-3	2.2	0	0.2	1	0.6	0.6	0.6	0.6
5		2.9	3.7	1.7	1.5	2.4	5 SW	2.4	1.9	-1	0.1	0	0.0	0	0.4	0.4	0.4	0.4
8		0.6	2.3	0.5	-2.0	-0.7	8 NW	-0.7	-0.5	3	1.3	0	0.2	-2	1.9	1.9	1.9	1.9
9		-0.8	-5.9	-0.2	1.8	-2.1	9 E	-2.1	2.1	-6	2.9	-1	1.1	4	0.8	0.8	0.8	0.8

Lisa 15. HCL10 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

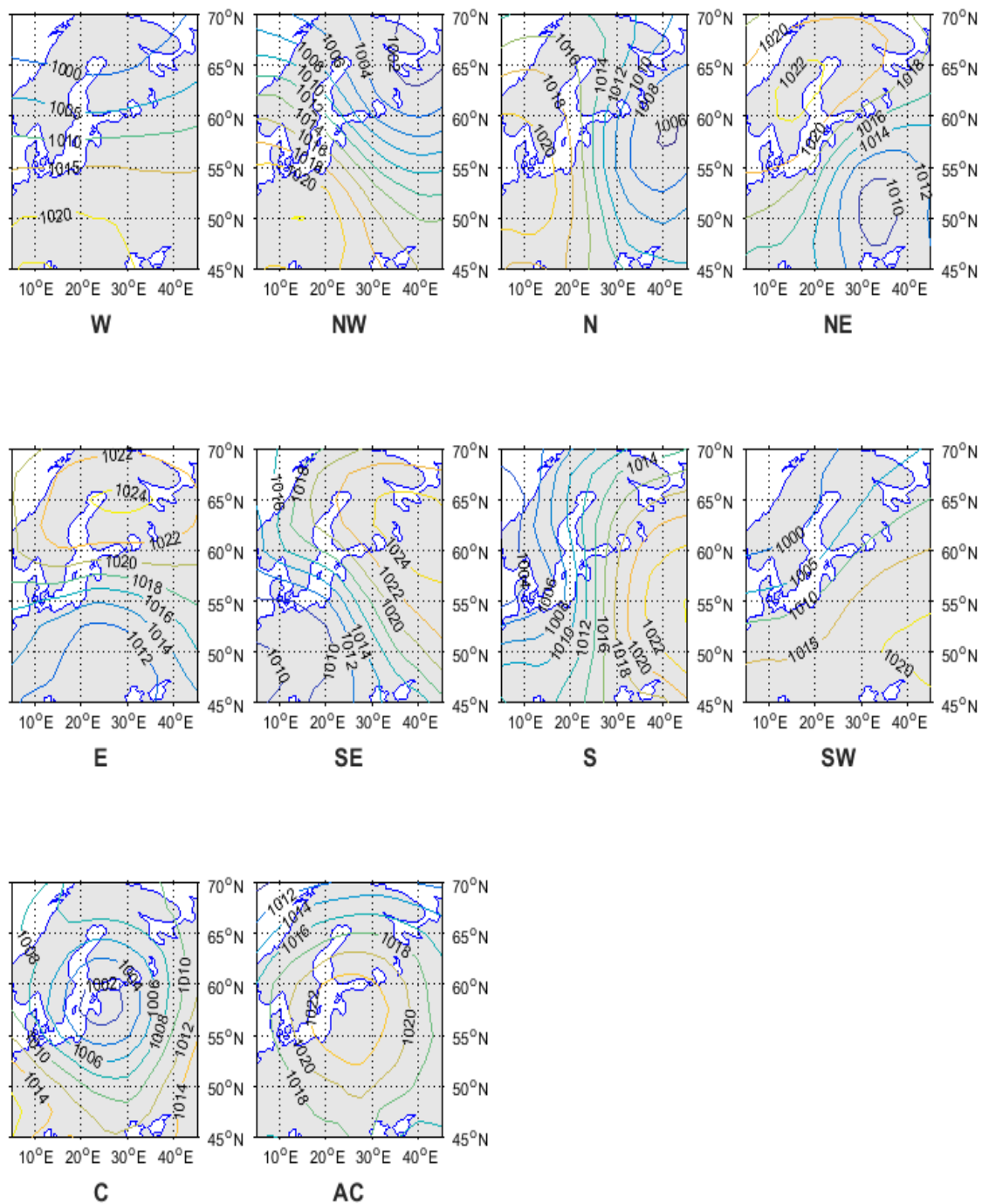


Lisa 16. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni HCL10 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksus kirjas.

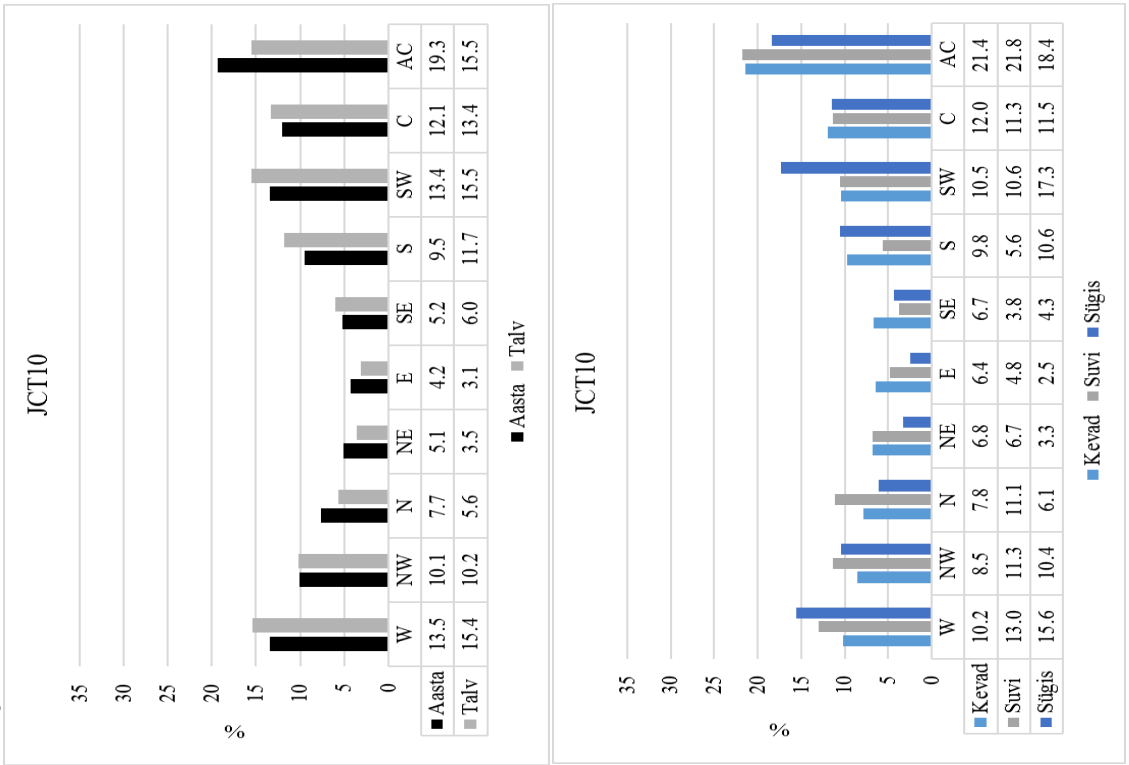


Jõhvi	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Talv			Kevad			Suvi			Sügis		
							Tüüp	Temp		Tüüp	Temp		Tüüp	Temp		Tüüp	Temp	
1		0.4	-1.0	1.2	1.2	0.2	1S	-6	2.2	-3	1.7	-2	1.6	-2	1.8			
2		1.6	3.2	0.9	-0.4	0.8	2W	1	3.2	5	1.6	0	1.0	-2	2.4			
3		-0.9	-2.4	-1.1	-0.5	-1.5	3C	0	4.5	1	1.5	6	1.7	2	2.3			
4		-1.4	-3.8	1.4	2.8	-1.8	4SE	-2	-1.0	-3	2.6	0	0.1	1	1.0			
5		2.7	3.4	1.9	1.9	2.1	5SW	4	2.4	-1	0.5	0	0.0	0	0.5			
8		0.8	2.7	0.6	-1.6	-0.6	8NW	2	-0.3	3	1.5	0	0.0	-2	1.8			
9		-0.9	-5.5	-0.5	1.5	-1.9	9E	1	2.0	-6	2.8	-1	1.3	4	1.0			
10		-1.6	-1.5	-2.0	-1.3	-1.9	10N	0	3.7	5	1.5	-4	0.0	-1	1.3			
Vilsandi																		
Türi	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Talv			Kevad			Suvi			Sügis		
							Tüüp	Temp		Tüüp	Temp		Tüüp	Temp		Tüüp	Temp	
1		0.2	-0.5	0.3	1.2	0.1	1S	-6	1.6	-3	2.0	-2	2.2	-2	2.0			
2		1.6	3.2	0.6	0.1	0.8	2W	1	2.4	5	2.0	0	1.8	-2	2.1			
3		-0.6	-1.6	-1.1	0.0	-1.5	3C	0	3.2	1	2.4	6	2.3	2	1.7			
4		-1.3	-3.4	1.2	5.0	-1.9	4SE	-2	-0.7	-3	2.2	0	0.4	1	1.1			
5		2.6	3.6	1.0	1.3	1.8	5SW	4	1.2	-1	0.7	0	0.0	0	1.1			
8		1.1	3.1	0.7	-1.2	-0.2	8NW	2	0.0	3	1.1	0	0.6	-2	1.7			
9		-0.6	-4.8	-0.3	2.0	-2.0	9E	1	2.0	-6	3.1	-1	1.8	4	1.1			
10		-1.0	-0.5	-1.2	-0.7	-1.8	10N	0	2.5	5	2.4	-4	1.0	-1	1.9			
Türi																		
Türi	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Talv			Kevad			Suvi			Sügis		
							Tüüp	Temp		Tüüp	Temp		Tüüp	Temp		Tüüp	Temp	
1		0.3	-0.9	0.9	1.0	0.2	1S	-6	2.1	-3	1.7	-2	1.9	-2	1.8			
2		1.6	3.3	0.6	-0.5	1.0	2W	1	3.0	5	1.6	0	0.9	-2	2.3			
3		-1.0	-2.4	-1.1	-0.5	-1.6	3C	0	4.6	1	2.1	6	1.9	2	2.3			
4		-1.4	-3.9	1.1	3.1	-1.6	4SE	-2	-1.0	-3	2.2	0	0.2	1	0.6			
5		2.9	3.7	1.7	1.5	2.4	5SW	4	1.9	-1	0.1	0	0.0	0	0.4			
8		0.6	2.3	0.5	-2.0	-0.7	8NW	2	-0.5	3	1.3	0	0.2	-2	1.9			
9		-0.8	-5.9	-0.2	1.8	-2.1	9E	1	2.1	-6	2.9	-1	1.1	4	0.8			
10		-1.7	-1.9	-1.8	-1.1	-2.3	10N	0	3.4	5	1.7	-4	0.3	-1	1.2			

Lisa 17. JCT10 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

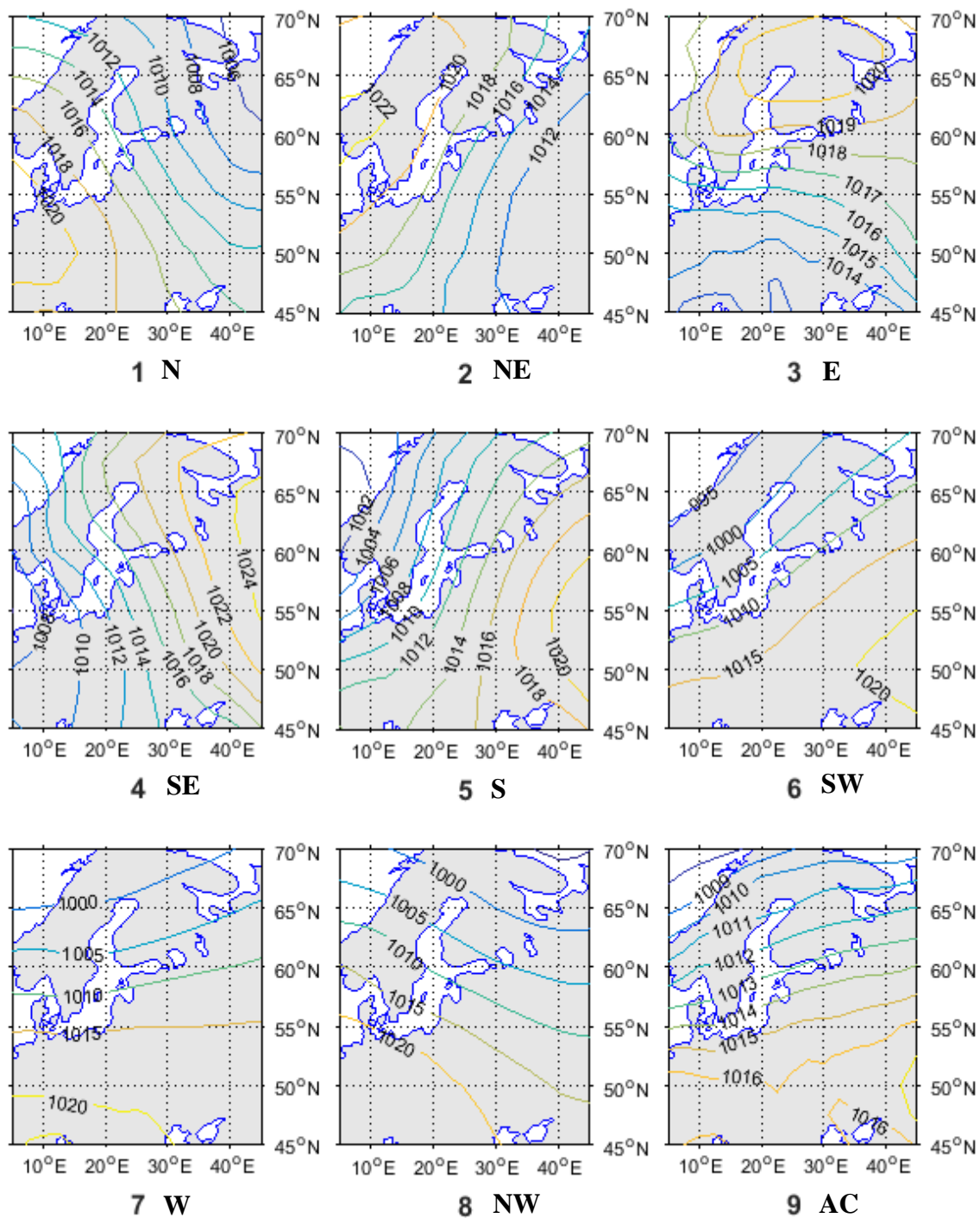


Lisa 18. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni JCT10 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksum kirjjas.

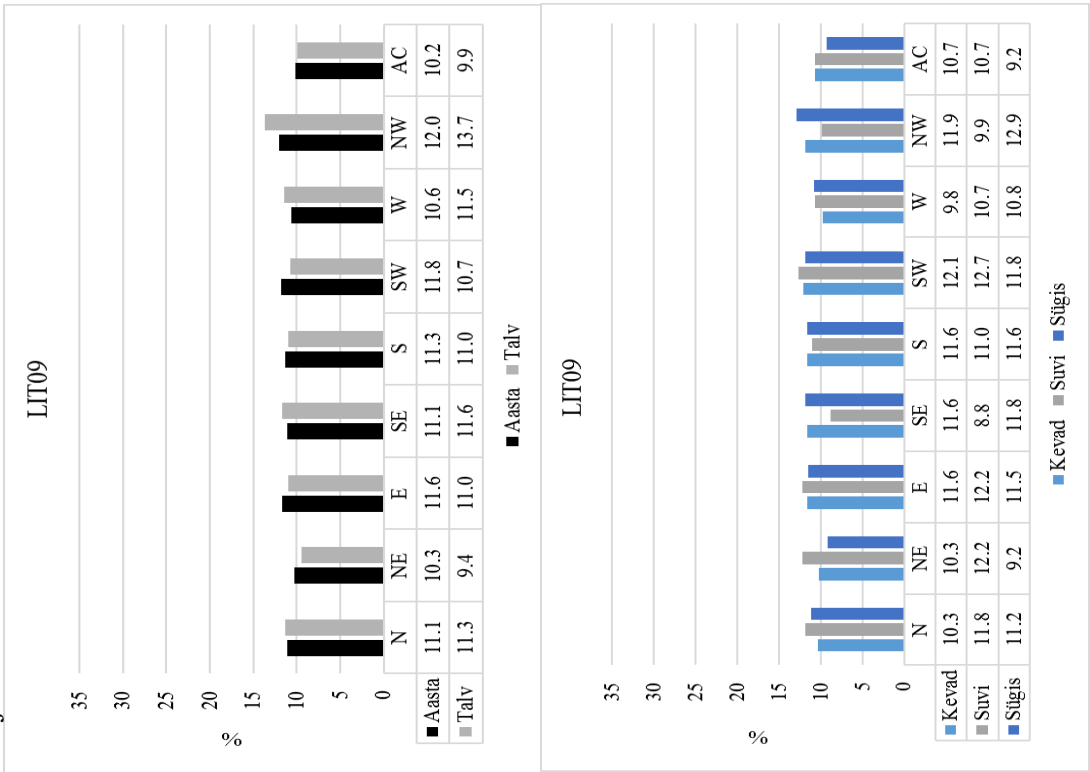


Jõhvi																		
	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis		Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Sügis		
1		0.8	2.3	0.5	-0.5	0.5	1W	5	1.2	1	0.9	3	2.3	-1	1.5			
2		-0.1	1.1	-0.2	-0.8	-0.5	2NW	-1	1.1	6	3.1	-1	1.9	-6	3.7			
3		-0.5	0.0	-0.9	0.0	-1.4	3N	1	4.3	2	3.8	-2	2.4	-1	4.4			
4		-0.9	-2.8	-0.9	0.4	-1.4	4NE	0	4.6	-1	4.0	-4	0.7	2	3.4			
5		-1.0	-4.6	-0.5	0.9	-1.3	5E	0	5.5	-3	2.2	0	-0.2	1	1.9			
6		-0.7	-2.7	0.9	0.9	-1.6	6SE	-2	5.6	-2	-0.4	2	-1.1	2	0.6			
7		0.5	-0.1	1.0	0.7	0.6	7S	-6	4.3	-3	0.0	3	-0.1	0	1.8			
8		1.1	2.0	0.8	0.2	1.0	8SW	5	1.0	-3	0.9	1	1.5	0	0.9			
9		-0.5	-0.7	-0.2	-0.5	-0.5	9C	-1	2.4	-1	3.5	-2	2.1	-1	2.4			
10		0.0	-1.0	0.2	0.7	-0.3	10AC	-4	3.2	4	0.7	-2	0.0	5	2.5			
Vilsandi																		
	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis		Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Sügis		
1		1.6	4.2	0.4	0.1	1.2	1W	5	2.4	1	2.4	3	2.0	-1	1.6			
2		0.5	3.2	-0.2	-0.5	-0.2	2NW	-1	1.7	6	1.6	-1	1.4	-6	2.1			
3		-0.9	0.4	-1.4	-0.6	-1.9	3N	1	2.5	2	2.7	-2	2.0	-1	1.9			
4		-1.5	-3.2	-1.8	0.3	-2.6	4NE	0	2.7	-1	3.0	-4	2.2	2	1.6			
5		-1.0	-6.1	-0.3	2.2	-2.7	5E	0	1.2	-3	3.3	0	1.1	1	0.1			
6		-0.3	-3.7	1.7	3.4	-1.8	6SE	-2	0.0	-2	1.3	2	2.3	2	1.1			
7		0.3	-0.9	1.2	2.0	-0.2	7S	-6	1.6	-3	2.7	3	1.4	0	1.5			
8		1.5	3.1	0.5	0.7	1.3	8SW	5	2.5	-3	2.1	1	2.0	0	1.7			
9		-0.4	0.4	-0.6	-0.5	-1.0	9C	-1	3.0	-1	2.2	-2	1.8	-1	1.4			
10		-0.3	-1.7	-0.3	1.4	-1.0	10AC	-4	1.0	4	2.2	-2	1.5	5	2.1			
Türi																		
	Tüüp	Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis		Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Sügis		
1		1.8	4.6	0.8	-0.5	1.7	1W	5	3.5	1	1.9	3	1.7	-1	1.8			
2		0.4	3.2	-0.2	-1.0	-0.3	2NW	-1	2.3	6	1.5	-1	1.2	-6	2.6			
3		-1.2	-0.7	-1.6	-0.7	-2.3	3N	1	3.9	2	2.5	-2	1.6	-1	1.7			
4		-1.7	-4.2	-2.1	0.3	-2.5	4NE	0	3.4	-1	3.1	-4	1.7	2	1.3			
5		-1.3	-6.6	-0.6	2.0	-2.4	5E	0	2.3	-3	3.5	0	-0.1	1	-0.7			
6		-0.8	-4.6	1.4	2.6	-1.7	6SE	-2	-1.0	-2	0.3	2	1.6	2	1.3			
7		0.2	-1.4	1.6	1.6	0.0	7S	-6	2.9	-3	1.7	3	0.6	0	1.1			
8		1.6	2.9	1.0	0.4	1.5	8SW	5	3.5	-3	1.7	1	1.3	0	1.4			
9		0.0	0.7	-0.1	-0.5	-0.3	9C	-1	3.3	-1	1.9	-2	1.6	-1	1.6			
10		-0.9	-3.4	-0.3	0.9	-1.7	10AC	-4	0.6	4	1.6	-2	0.9	5	2.1			

Lisa 19. LIT09 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

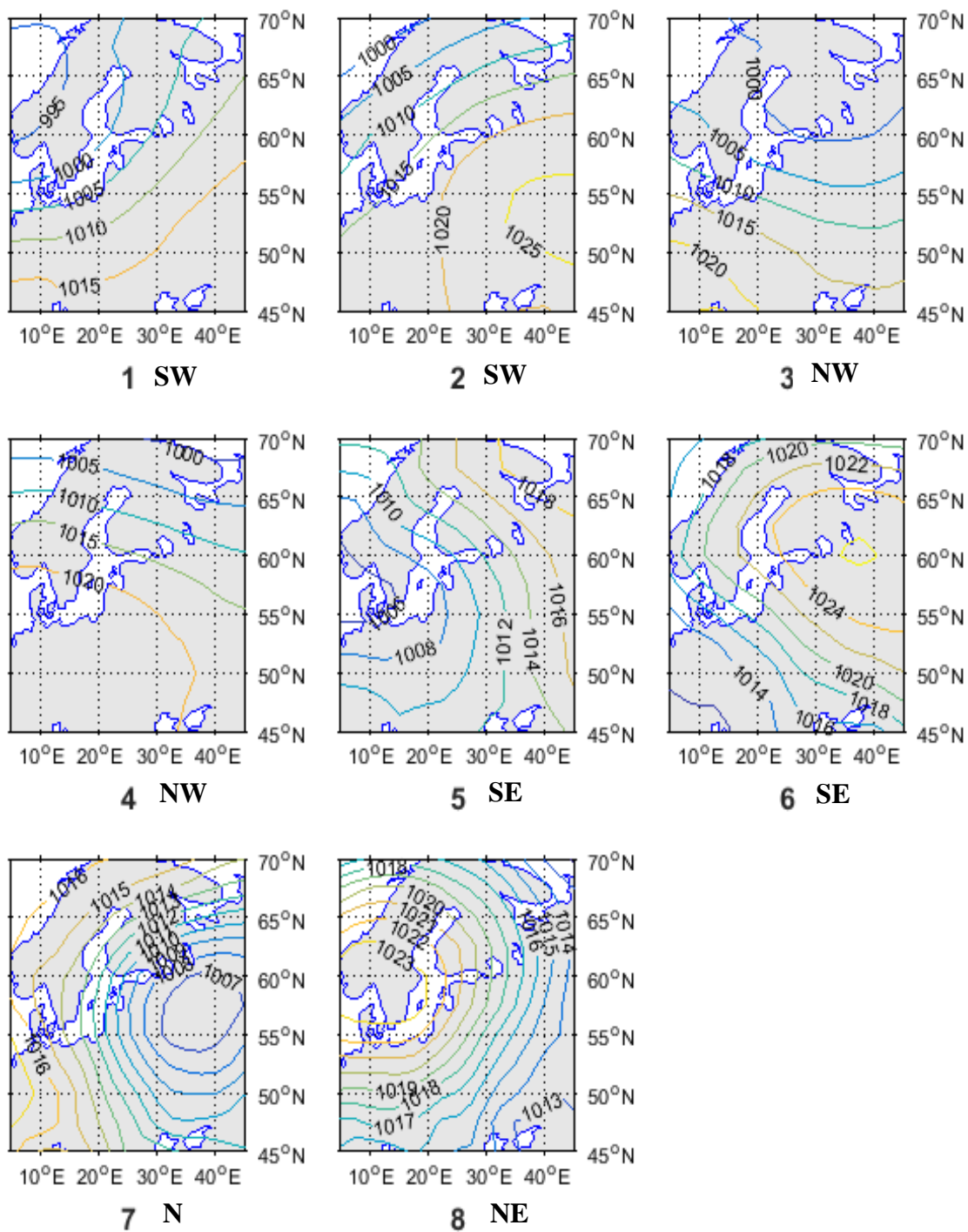


Lisa 20. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni LIT09 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksus kirjas.

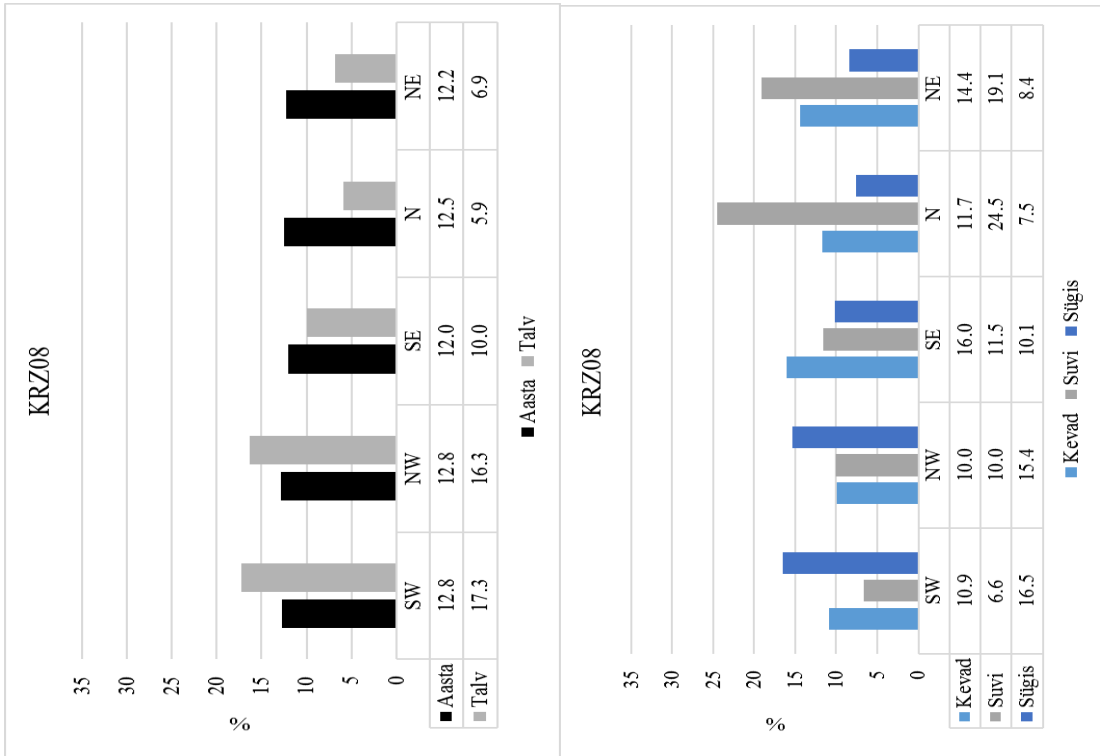


Jõhvi		Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
Tüüp							Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp
1		-0.7	-0.7	-0.8	-0.5	-0.9	1N	3.0	3	1.9	-4	1.7	-2	3.5
2		-1.5	-2.9	-1.6	-0.4	-1.7	2NE	4.5	0	3.5	-4	2.5	1	4.3
3		-1.0	-3.2	-0.6	0.8	-1.1	3E	5.4	-4	2.8	-1	0.9	3	3.1
4		-0.1	-1.7	0.9	1.0	-0.1	4SE	4.8	-8	0.5	2	-1.9	1	0.3
5		1.1	0.9	1.6	0.8	1.0	5S	2.4	-1	0.1	4	-0.1	2	0.9
6		1.4	3.1	1.1	0.4	1.2	6SW	-1.2	0	0.3	-3	1.1	-1	0.3
7		0.9	2.4	0.4	-0.2	0.7	7W	1.4	2	2.2	0	2.2	1	2.3
8		0.4	2.5	0.0	-1.0	-0.2	8NW	0.4	8	2.5	2	1.7	-6	3.3
9		0.0	-0.2	0.0	0.2	0.0	9AC	3.1	0	1.4	4	1.1	1	2.1
Türi							Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
Tüüp		Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp
1		-0.5	1.0	-1.0	-0.7	-1.3	1N	2.7	3	2.2	-4	0.9	-2	1.7
2		-1.5	-2.5	-1.6	0.1	-2.4	2NE	3.0	0	2.8	-4	2.5	1	2.0
3		-1.1	-3.3	-0.6	1.2	-1.8	3E	1.3	-4	2.9	-1	2.0	3	1.0
4		-0.1	-2.5	0.8	2.6	-0.7	4SE	0.6	-8	2.5	2	1.2	1	1.0
5		0.7	0.7	0.7	1.1	0.5	5S	2.2	-1	1.9	4	1.6	2	2.6
6		1.5	3.5	0.7	0.8	1.4	6SW	1.4	0	2.1	-3	2.3	-1	1.8
7		1.4	3.7	0.2	0.2	1.2	7W	2.0	2	2.0	0	1.5	1	2.2
8		1.1	4.0	0.2	-0.5	0.4	8NW	1.6	8	1.8	2	1.5	-6	1.9
9		0.0	0.0	-0.4	0.6	-0.1	9AC	2.9	0	2.4	4	2.1	1	1.9
Vilsandi							Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
Tüüp		Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp	Tüüp	Temp
1		-1.2	-0.3	-1.5	-1.1	-1.9	1N	4.1	3	2.0	-4	0.2	-2	1.1
2		-2.0	-3.6	-2.1	-0.3	-2.6	2NE	3.7	0	2.6	-4	2.1	1	2.0
3		-1.4	-4.2	-0.8	1.0	-1.7	3E	1.7	-4	2.6	-1	1.4	3	0.6
4		-0.1	-2.9	1.1	2.4	-0.2	4SE	1.2	-8	1.8	2	1.1	1	0.8
5		1.0	0.6	1.6	0.9	0.8	5S	3.1	-1	1.4	4	1.3	2	2.5
6		1.8	3.8	1.4	0.5	1.9	6SW	2.1	0	1.8	-3	1.8	-1	1.5
7		1.3	3.9	0.4	-0.4	1.3	7W	2.3	2	1.5	0	1.1	1	2.8
8		1.0	4.1	0.1	-1.1	0.3	8NW	1.8	8	1.6	2	0.9	-6	2.7
9		-0.2	-0.8	-0.3	0.3	-0.3	9AC	3.5	0	1.7	4	1.2	1	1.0

Lisa 21. KRZ08 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.

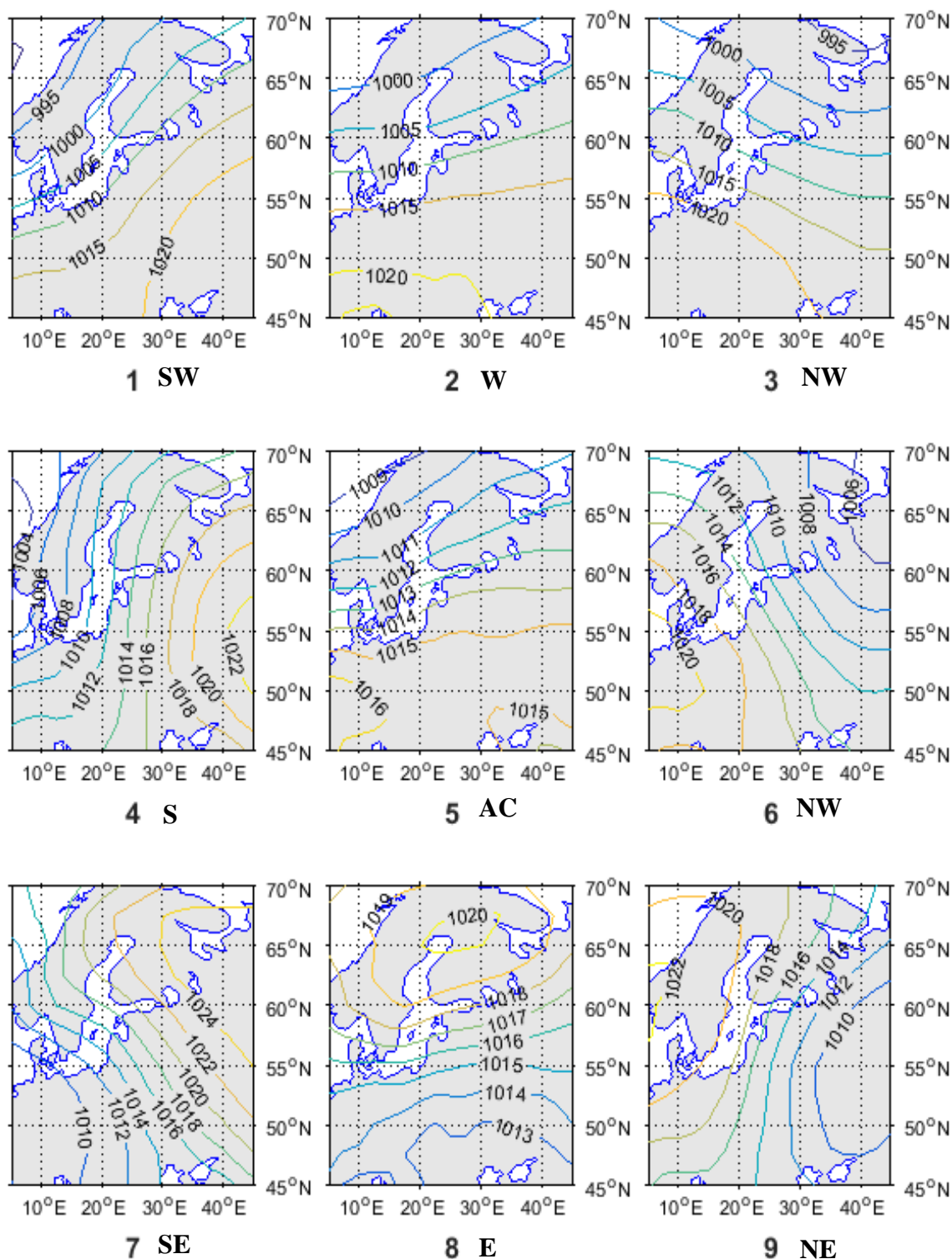


Lisa 22. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni KRZ08 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksus kirjas.

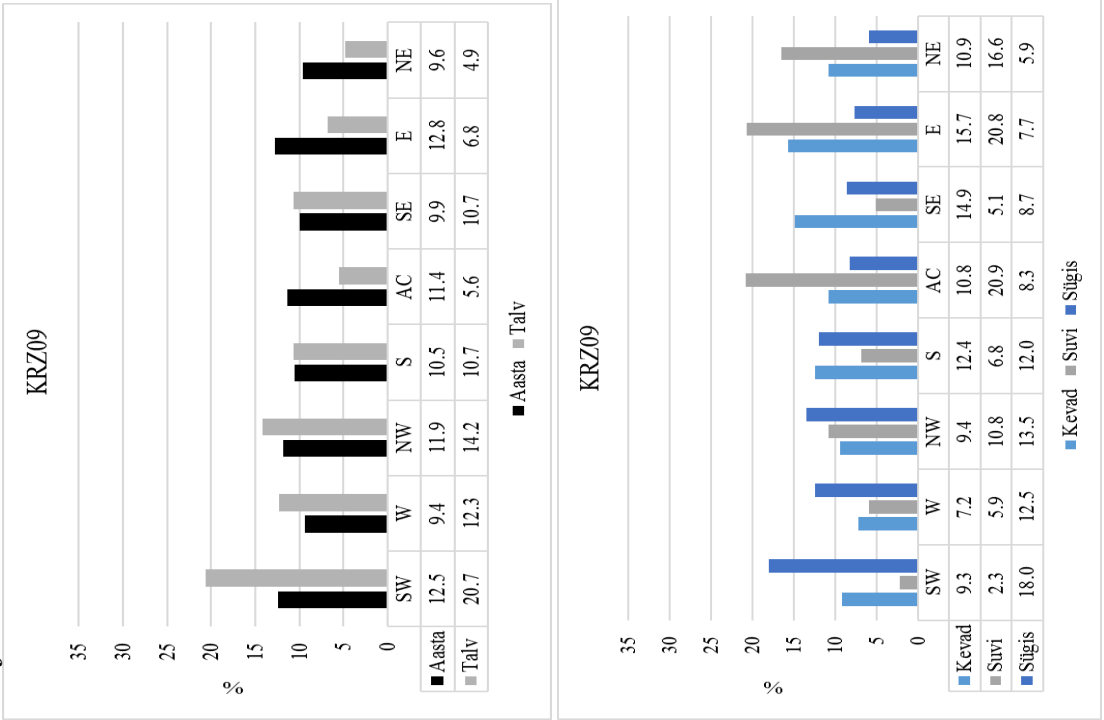


Jõhvi															
Tüüp		Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Talv		Kevad		Suvi		Sügis		
1		1.2	1.6	1.1	0.9	1.0	1SW	2	4.0	-5	1.5	-5	1.5	2	2.0
3		0.7	2.7	0.2	-0.8	-0.1	3NW	0	2.9	9	1.5	-1	1.0	-9	1.9
5		-0.4	-3.9	0.8	1.6	-1.1	5SE	-3	-0.2	-16	2.6	-2	0.7	5	1.4
7		-1.5	-2.2	-2.2	-0.8	-2.3	7N	1	5.0	2	2.0	-4	2.0	-1	2.5
8		-1.1	-3.5	-1.5	0.3	-1.7	8NE	0	6.0	3	2.5	-6	1.2	2	1.7
Vilsandi								Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
Tüüp		Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Talv		Kevad		Suvi		Tüüp		Temp
1		1.1	1.9	0.4	0.8	0.9	1SW	2	2.7	-5	1.9	-5	2.5	2	2.1
3		0.9	2.9	0.1	-0.2	0.1	3NW	0	2.3	9	2.0	-1	1.3	-9	1.8
5		-0.4	-3.4	0.5	1.9	-1.3	5SE	-3	0.1	-16	2.7	-2	1.0	5	1.5
7		-1.1	-1.7	-1.7	-0.4	-2.4	7N	1	4.2	2	2.3	-4	2.1	-1	1.9
8		-0.6	-2.6	-1.0	0.8	-1.7	8NE	0	3.9	3	2.7	-6	2.1	2	2.0
Türi								Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
Tüüp		Aastane	Talv	Kevad	Suvi	Sügis	Talv		Kevad		Suvi		Tüüp		Temp
1		1.2	1.7	0.8	0.5	1.1	1SW	2	3.7	-5	1.5	-5	1.5	2	1.9
3		0.6	2.6	0.0	-1.0	0.0	3NW	0	2.8	9	1.5	-1	0.5	-9	1.8
5		-0.4	-4.0	0.8	1.6	-1.1	5SE	-3	-0.3	-16	2.5	-2	0.3	5	1.2
7		-1.6	-2.3	-2.1	-0.8	-2.7	7N	1	4.9	2	2.3	-4	1.5	-1	2.2
8		-1.0	-4.2	-1.1	0.7	-2.1	8NE	0	5.4	3	2.4	-6	1.2	2	1.8

Lisa 23. KRZ09 klassifikatsiooni tsirkulatsioonitüüpide tüüpkaardid ja valitsev õhuvool.



Lisa 24. Vasakpoolsetel joonistel on kujutatud klassifikatsiooni KRZ09 tsirkulatsioonitüüpide esinemissagedused. Tabelites on esitatud tüüpidega kaasnevad temperatuurianomaaliad. Sinisega märgitud külmad tüübid, punasega soojad. Tabeli parempoolses osas on märgitud muutused tüüpide esinemissagedustes (päevades) ja temperatuurianomaaliates (°C). Statistiliselt olulised muutused on märgitud poolpaksus kirjas.



Jõhvi	Aastane		Talv		Kevad		Suvi		Sügis		Talv		Kevad		Suvi		Sügis	
	Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp		Tüüp	
1	1.7	2.1	1.5	1.2	1.4	1 SW	5	3.3	-2	1.6	1	1.7	2	1.4	1.7	2	1.4	1.4
2	1.4	2.8	0.7	0.1	1.0	2 W	0	4.0	-1	1.7	0	1.2	0	2.9	1.2	0	2.9	2.9
3	0.3	2.4	-0.2	-1.1	-0.5	3 NW	1	2.7	10	1.3	1	1.0	-9	1.8	1.0	-9	1.8	1.8
4	0.3	-1.5	1.5	1.3	0.0	4 S	-6	1.9	-2	1.7	-2	1.3	-2	1.4	1.3	-2	1.4	1.4
5	-0.3	-2.1	-0.3	0.4	-1.0	5 AC	0	5.2	1	1.9	4	1.0	2	1.9	1.0	2	1.9	1.9
7	-0.6	-4.2	1.3	2.5	-1.3	7 SE	0	-2.5	-7	3.3	2	1.4	2	1.1	1.4	2	1.1	1.1
8	-0.8	-4.9	-1.0	1.1	-2.0	8 E	-2	4.1	-3	2.3	2	0.7	3	1.4	0.7	3	1.4	1.4
9	-1.7	-2.7	-2.5	-0.8	-2.2	9 NE	3	1.8	4	2.2	-8	1.1	2	1.9	1.1	2	1.9	1.9
Vilsandi																		
1	1.6	2.4	0.8	1.0	1.3	1 SW	5	2.2	-2	2.1	1	2.2	2	1.6	2.2	2	1.6	1.6
	1.4	3.0	0.3	0.5	1.1	2 W	0	2.7	-1	2.1	0	1.7	0	2.3	1.7	0	2.3	2.3
3	0.5	2.6	-0.1	-0.5	-0.3	3 NW	1	2.1	10	1.8	1	1.5	-9	1.9	1.5	-9	1.9	1.9
4	0.0	-1.0	0.5	1.2	-0.3	4 S	-6	1.4	-2	2.3	-2	1.9	-2	2.0	1.9	-2	2.0	2.0
5	-0.1	-1.1	-0.7	0.7	-0.7	5 AC	0	3.6	1	2.4	4	1.8	2	2.2	1.8	2	2.2	2.2
7	-0.6	-3.7	0.9	3.1	-1.5	7 SE	0	-1.1	-7	2.9	2	1.0	2	1.2	1.0	2	1.2	1.2
8	-0.4	-4.4	-0.6	1.5	-2.1	8 E	-2	3.2	-3	2.8	2	1.4	3	1.5	1.4	3	1.5	1.5
9	-1.3	-2.2	-1.7	-0.3	-2.5	9 NE	3	1.7	4	3.1	-8	2.2	2	2.1	2.2	2	2.1	2.1
Türi																		
1	1.8	2.4	1.2	0.9	1.6	1 SW	5	2.9	-2	1.4	1	2.1	2	1.3	2.1	2	1.3	1.3
	1.4	2.9	0.4	-0.2	1.3	2 W	0	3.8	-1	1.9	0	0.7	0	2.8	0.7	0	2.8	2.8
3	0.2	2.3	-0.3	-1.1	-0.6	3 NW	1	2.4	10	1.5	1	1.1	-9	1.7	1.1	-9	1.7	1.7
4	0.1	-1.5	1.2	1.0	0.0	4 S	-6	1.8	-2	1.6	-2	0.6	-2	1.4	0.6	-2	1.4	1.4
5	-0.4	-2.2	-0.3	0.3	-1.0	5 AC	0	4.8	1	2.3	4	0.5	2	2.1	0.5	2	2.1	2.1
7	-0.7	-4.3	1.1	2.5	-1.1	7 SE	0	-2.4	-7	2.9	2	0.4	2	0.9	0.4	2	0.9	0.9
8	-0.6	-5.2	-0.5	1.3	-2.2	8 E	-2	3.9	-3	2.6	2	0.7	3	1.8	0.7	3	1.8	1.8
9	-1.7	-3.4	-2.2	-0.6	-2.8	9 NE	3	1.7	4	2.5	-8	1.7	2	1.8	1.7	2	1.8	1.8

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Merily Lakson,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Kliima soojenemine Eestis perioodil 1966-2015 ja selle seosed atmosfääri tsirkulatsiooniga“, mille juhendaja on Mait Sepp,
 - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **29.05.2017**